

여는 글

뿌리산업은 제조업의 근간을 이루는 핵심 산업임에도 불구하고 다양한 생산기반 기술을 습득하는데 많은 시간과 노력을 필요로 하고 있으나, 산업분야에 대한 세부적인 기술을 연마하고, 이해하기 위한 기술서적은 쉽게 찾아볼 수 없는 것이 현실입니다.

따라서 뿌리산업분야 인력육성 및 인프라를 지원하고 있는 뿌리산업 인적자원개발위원회는 본 개론서를 발간하여 해당분야 산업과 기술을 이해하는데 도움을 드리고자 하였으며, 아울러 평생경력개발경로를 통해 한 분야에서 기술인으로 성장하는데 일조하기 위해 국가직무능력표준(NCS)과 연계하여 지침서로서 활용토록 하였습니다.

앞으로 본 개론서가 특성화고, 일반 대학 전공 학생은 물론, 뿌리산업계에 종사하기 위한 취업예정자와 기업체 소속 근로자, 뿌리산업 관련 훈련 교원 등 모든 분들로부터 환영받기를 기대합니다.

아울러, 본 개론서가 나오기까지 지원을 아끼지 않으신 고용노동부, 한국산업인력공단에 감사의 말씀을 드리며 금형, 금속가공, 표면처리, 용접산업의 발전과 더불어 미래에도 핵심산업으로 도약하는데 작은 도움이 되기를 기대합니다.

2019. 12.

뿌리산업 인적자원개발위원회 위원장 임 영 택
(금형·금속가공·표면처리·용접)

목 차

제1장 소성가공 개론	1
1. 소성가공이란?	1
2. 공업용 소성재료	2
3. 금속결정의 소성변형	2
4. 어닐링(annealing)	5
5. 냉간가공과 열간가공	8
6. 응력과 스트레인과의 관계	9
7. 가공률과 일량	10
8. 소성가공 종류	10
9. 소성변형과 연성파괴	22
 제2장 단조가공 개론	 29
1. 개요 및 목적	29
2. 단조의 종류 및 특징	41
3. 단조용 설비	44
4. 단조용 부대설비	46
5. 단조용 가열로	49
6. 단조용 재료의 종류와 특성	51
7. 단조용 금형재료	59
8. 금형 설계시 고려할 사항	59
9. 재료절단공정	62
10. 자유단조	66
11. 형단조	74
12. 단조품의 열처리	80
13. 단조품의 표면처리	84
14. 금형제작	87
15. 단조품 검사	99
16. 품질관리	119
17. 설비관리	129
18. 생산관리	141
19. 안전관리위생	158
20. 단조산업동향	169
21. 단조기술동향	177



제3장 압출가공 개론 190

- 1. 열간압출 가공 190
- 2. 압출의 종류 190
- 3. 압출온도와 윤활 191
- 4. 냉간압출가공 199
- 5. 압출작업 201
- 6. 압출금형과 제품소개 203

제4장 인발가공 개론 206

- 1. 인발가공이란? 206
- 2. 인발작업과 기계 212
- 3. 인발공정소개 216

표 목차

[표 1-1] 금속의 재결정온도	6
[표 1-2] 냉간성형 가공시 결정입계	7
[표 1-3] 압연전,후 금속의 재결정 우선방위	7
[표 1-4] 주요금속의 열간가공 표준온도	9
[표 1-5] 후판 압하율	17
[표 2-1] 강재의 특성과 기준	55
[표 2-2] 단조결함중 외관불량 사례연구	102
[표 2-3] 단조결함중 내부불량 사례연구	103
[표 2-4] 자분탐상검사(MT)와 액체침투탐상법(PT)의 비교표	116
[표 2-5] 생산보존 맵	130
[표 2-6] 설비일상점검표	132
[표 2-7] 경량화 소재 특성	178
[표 2-8] 세계 자동차용 단조품 시장	179
[표 2-9] 한국 자동차용 단조품 시장	180
[표 2-10] 미국 자동차용 단조품 시장	180
[표 2-11] 유럽 자동차용 단조품 시장	180
[표 2-12] 세계 항공산업 시장 전망	181
[표 2-13] 세계 항공 단조품 시장	182
[표 2-14] 한국 항공 단조품 시장	182
[표 2-15] 미국 항공 단조품 시장	182
[표 2-16] 유럽 항공 단조품 시장	183
[표 2-17] 지역별 해상풍력 시장	183
[표 2-18] 주요 부품별 시장규모	184
[표 2-19] 세계 경량소재 시장	184
[표 2-20] 자동차 1대당 평균 알루미늄 사용률 변화	185
[표 2-21] 세계의 국방 특허기술	186
[표 2-22] 주요국가의 로봇 운영수	187
[표 2-23] 세계의 로봇산업 정책	188
[표 2-24] 세계 로봇시장 용도별 추이 및 전망 / 세계 산업용 로봇 시장 추이 및 전망	189
[표 3-1] 압출 유동양상	192
[표 3-2] 열간압출 조건	192
[표 4-1] 특수인발의 종류와 방법	214

그림 목차

[그림 1-1]	탄성변형과 소성변형	1
[그림 1-2]	전단응력에 의한 영구변형	2
[그림 1-3]	슬립띠와 결정립	3
[그림 1-4]	체심입방격자 구조	3
[그림 1-5]	면심입방격자 구조	4
[그림 1-6]	조밀육방형 격자구조	4
[그림 1-7]	어닐링온도와 기계적성질 관계도	5
[그림 1-8]	재결정과 재료특성의 관계	6
[그림 1-9]	냉간가공 결정조직의 변화	8
[그림 1-10]	응력 - 변형선도	9
[그림 1-11]	응력의 정의와 전단응력	9
[그림 1-12]	소성가공과 변형속도	10
[그림 1-13]	형단조	10
[그림 1-14]	단조단련방식	11
[그림 1-15]	재료의 변형과정	12
[그림 1-16]	형단조 제조공정도	12
[그림 1-17]	냉간압출 제품의 형상	13
[그림 1-18]	냉간압출 재료의 윤활막	14
[그림 1-19]	강의 냉간압출 공구의 구조	14
[그림 1-20]	압연기의 종류	15
[그림 1-21]	압연공정 소개	16
[그림 1-22]	인발시 재료의 변형	18
[그림 1-23]	다이의 형상	18
[그림 1-24]	평형다이스에 의한 나사의 전조	19
[그림 1-25]	기어의 전조	20
[그림 1-26]	각종전단작업	21
[그림 1-27]	여러 재료의 스프링 백(Spring back)	22
[그림 1-28]	가공에 의한 균열발생의 예	23
[그림 1-29]	연성파괴의 Crack 과정	23
[그림 1-30]	각종 금속의 n치	23
[그림 1-31]	온도에 의한 변형저항곡선의 변화(18-8 stainless 강)	23
[그림 1-32]	탄소강의 변형저항에 미치는 온도의 영향	24
[그림 1-33]	일반적인 금속의 표면	24
[그림 1-34]	2면의 접촉상태	25

[그림 1-35]	금속표면의 미세부에서의 접촉상태	25
[그림 1-36]	윤활유를 도포한 2면의 접촉	26
[그림 1-37]	유체역학적인 압력의 발생기구	26
[그림 1-38]	인발가공에 있어서 윤활유의 도입	28
[그림 1-39]	압축가공에 있어서 윤활유의 봉입	28
[그림 2-1]	공기 해머(Air Drop Hammer)	30
[그림 2-2]	빠짐 기울기 적용예	35
[그림 2-3]	재질별 단조 온도표	36
[그림 2-4]	알루미늄재질별 단조 온도표	37
[그림 2-5]	해머장비와 금형	38
[그림 2-6]	램과 키 그리고 쏘블록	38
[그림 2-7]	금형의 세부 명칭	39
[그림 2-8]	형단조, 자유단조 차이	42
[그림 2-9]	단조용 프레스의 원리도	45
[그림 2-10]	고주파가열 원리	50
[그림 2-11]	소재 재질별 가열온도	54
[그림 2-12]	단조금형과 Flash발생 원리	60
[그림 2-13]	설계시 도면 빠짐구배	61
[그림 2-14]	원자재절단표준	62
[그림 2-15]	전단절단기 틈새관리	63
[그림 2-16]	링롤단조작업 표준소개	72
[그림 2-17]	링롤공정 표준	72
[그림 2-18]	링롤공정 원리	73
[그림 2-19]	일반적 형단조 공정	77
[그림 2-20]	중공단조 공법과 메탈플로우 형상	78
[그림 2-21]	단조의 방식	78
[그림 2-22]	트리밍 공정	79
[그림 2-23]	전체적 단조공정 프로세스	79
[그림 2-24]	연속로 형식의 열처리로	81
[그림 2-25]	Fe-C계 평형상태도	82
[그림 2-26]	Fe-C계 평형상태도 약어 설명도	83
[그림 2-27]	단조품과 열처리후 조직	83
[그림 2-28]	쇼트피닝 설비 개략도	86
[그림 2-29]	금형이력카드 감지	94
[그림 2-30]	금형이력카드 올지	95
[그림 2-31]	금형 이력관리표	96
[그림 2-32]	금형관리 흐름도	97
[그림 2-33]	원자재 수입검사 성적서	100

[그림 2-34]	검사성적서	101
[그림 2-35]	브리넬경도기 표준	105
[그림 2-36]	경도검사 일보 양식	106
[그림 2-37]	충격시험원리	109
[그림 2-38]	충격시험	111
[그림 2-39]	자분탐상(MT)원리도	112
[그림 2-40]	액체침투탐상법 소개	115
[그림 2-41]	액체침투탐상검사 후 결함 검출	115
[그림 2-42]	초음파탐상기	116
[그림 2-43]	초음파탐상기의 원리	117
[그림 2-44]	방사선 투과검사의 원리-1	117
[그림 2-45]	방사선 투과검사의 원리-2	118
[그림 2-46]	방사선 발생장치	119
[그림 2-47]	품질관리 Cycle	120
[그림 2-48]	부적합품 관리절차	122
[그림 2-49]	부적합품 발생보고서 양식	123
[그림 2-50]	단조작업표준 사례	124
[그림 2-51]	관리계획서 표준사례	125
[그림 2-52]	FMEA의 표준사례	126
[그림 2-53]	메탈플로우 원리	127
[그림 2-54]	설계 시뮬레이션 프로그램	127
[그림 2-55]	설계 시뮬레이션 사례 1	128
[그림 2-56]	설계 시뮬레이션 사례 2	128
[그림 2-57]	일상설비점검기준서	132
[그림 2-58]	예비부품(SPARE PARTS)관리 사례	134
[그림 2-59]	전사적 TPM 활동사례-1	138
[그림 2-60]	전사적 TPM 활동사례-2	139
[그림 2-61]	전사적 TPM 활동사례-3	139
[그림 2-62]	전사적 TPM 활동사례-4	140
[그림 2-63]	3정5S 적용사례	140
[그림 2-64]	생산기술의 목적	144
[그림 2-65]	생산기술의 요소분류	145
[그림 2-66]	생산기술의 관련업무	147
[그림 2-67]	CNC의 구성요소	150
[그림 2-68]	DNC의 구성요소	150
[그림 2-69]	FMS 응용	151
[그림 2-70]	방법에 의한 표준화의 체계도-1	152
[그림 2-71]	방법에 의한 표준화의 체계도-2	154

[그림 2-72]	개선된 구매과정의 흐름도	154
[그림 2-73]	개선된 구매과정의 흐름공정	155
[그림 2-74]	작업분석 도표의 예	155
[그림 2-75]	복수인간-기계 다중활동 분석표	156
[그림 2-76]	미세동작분석	157
[그림 2-77]	재해발생의 연쇄 상관성	162
[그림 2-78]	버드의 연쇄 이론	163
[그림 2-79]	재해원인과 재해발생의 연쇄관계	163
[그림 2-80]	단순 자극형	163
[그림 2-81]	연쇄형	164
[그림 2-82]	복합형	164
[그림 2-83]	하인리히의 재해발생비율	164
[그림 2-84]	버드의 재해발생비율	165
[그림 2-85]	콤 패스의 재해발생 이론	165
[그림 2-86]	안전교육 포스터	167
[그림 2-87]	산업.안전 표지일람표	168
[그림 2-88]	미국의 기술개발 현황	169
[그림 2-89]	일본의 기술개발 현황	170
[그림 2-90]	유럽의 기술개발 현황	170
[그림 2-91]	한국의 기술개발 현황	171
[그림 2-92]	한국의 기술경쟁력 분석	172
[그림 2-93]	피스톤, 링	172
[그림 2-94]	크랭크샤프트	173
[그림 2-95]	아우디 A80에 적용된 알루미늄 소재 차체 세대별 구성도	174
[그림 2-96]	아우디 A80에 적용된 알루미늄 차체도	175
[그림 2-97]	알루미늄 및 철강 적용 차체	176
[그림 2-98]	일본의 신재료 현황	177
[그림 2-99]	자동차에 적용되는 경량금속별 시장 전망	179
[그림 3-1]	압출유형	191
[그림 3-2]	압출 유동양상	191
[그림 3-3]	단면감소비와 평균압출압력관계	192
[그림 3-4]	압출제품의 적용예	193
[그림 3-5]	직접압출 공정	193
[그림 3-6]	램행정에 따른 압출곡선	193
[그림 3-7]	재질별 압출상수	194
[그림 3-8]	냉간압출 예	194
[그림 3-9]	튜브형 용기의 충격압출	195
[그림 3-10]	충격압출로 제조된 제품	195

[그림 3-11]	알루미늄 합금의 압출에서 압출비의 함수로 나타낸 압출 압력	195
[그림 3-12]	압출공정도중 발생하는 세브론균열 발생도	196
[그림 3-13]	세브론균열 발생 예	196
[그림 3-14]	이음매 없는 압출	197
[그림 3-15]	다양한 압출재의 단면	197
[그림 3-16]	압출재의 다양한 형태	197
[그림 3-17]	압출재의 소재의 살흐름	198
[그림 3-18]	다이각도와 압출압력의 관계	198
[그림 3-19]	후방압출가공-1	199
[그림 3-20]	후방압출가공-2	199
[그림 3-21]	양방향압출가공	200
[그림 3-22]	압출방식	201
[그림 3-23]	강의 압출변형	202
[그림 3-24]	압출다이의 종류	202
[그림 3-25]	2500톤 수평식 복동형액압프레스식 압출기	203
[그림 4-1]	인발가공종류	206
[그림 4-2]	롤다이 사용하는 방법	207
[그림 4-3]	인발작업시 부적합 항목	208
[그림 4-4]	인발력 계산시 참조 그림	208
[그림 4-5]	다이출구 인장력 계산식	208
[그림 4-6]	인발응력에 미치는 다이반각의 영향 (Cu선)	209
[그림 4-7]	다이면압의 분포	209
[그림 4-8]	초경 원추 다이	210
[그림 4-9]	플로팅 플러그 인발	210
[그림 4-10]	봉 또는 선의 인발	210
[그림 4-11]	맨드릴을 사용하지 않은 관의 인발-1	211
[그림 4-12]	맨드릴을 사용하지 않은 관의 인발-2	211
[그림 4-13]	강선의 경우 인발공정	212
[그림 4-14]	비철의 경우 인발공정	212
[그림 4-15]	드로우 벤치식 인발기계	212
[그림 4-16]	논슬립형 연속선전기	212
[그림 4-17]	슬립형 연속 선전기	213

사진 목차

[사진 2-1]	배치로 (Bach Furnace)형식 가열로	31
[사진 2-2]	업셋터(Upsetter)형식 단조기계	31
[사진 2-3]	트리밍후 잔류 Flash와 제품	32
[사진 2-4]	프레쉬남음 (Flash Extension)	32
[사진 2-5]	브리넬경도기	33
[사진 2-6]	로크웰경도기	33
[사진 2-7]	비커스경도기	33
[사진 2-8]	제품의 Grain Flow	33
[사진 2-9]	윤활제통	34
[사진 2-10]	Air Wire Brush모습	34
[사진 2-11]	비파괴 검사장비	35
[사진 2-12]	비파괴 검사후 Crack검출 사례	36
[사진 2-13]	쏘블록(Sow Block)	39
[사진 2-14]	해머금형(왼쪽)과 프레스 금형(오른쪽)	40
[사진 2-15]	사각금형재의 경우	40
[사진 2-16]	원형금형재의 경우	40
[사진 2-17]	자유단조품 샤프트	41
[사진 2-18]	자유단조품 크랭크	41
[사진 2-19]	다양한 모양의 형단조품	42
[사진 2-20]	열간단조 작업	43
[사진 2-21]	링롤단조 작업	44
[사진 2-22]	에어드롭해머(좌) 유압해머(우)	45
[사진 2-23]	단조용 업셋터	46
[사진 2-24]	밴드쏘(Band Saw)절단기	47
[사진 2-25]	고속절단기	47
[사진 2-26]	샤링절단기	48
[사진 2-27]	트리밍프레스	48
[사진 2-28]	크랭크식 교정기	49
[사진 2-29]	유압식 교정기	49
[사진 2-30]	고주파전기 유도가열로	50
[사진 2-31]	고주파 가열로 입구	51
[사진 2-32]	고주파유도가열로의 출구 모습	51
[사진 2-33]	배치로타입 가열로	52

[사진 2-34]	배치로에서 소재를 꺼내는 모습	52
[사진 2-35]	PLC 관리제어 중앙장치	53
[사진 2-36]	원자재 운반, 하차 모습	57
[사진 2-37]	원자재 창고 모습	58
[사진 2-38]	원자재 측면의 태그 모습	58
[사진 2-39]	원자재 태그 정보	58
[사진 2-40]	형단조 제품의 Flash발생도	60
[사진 2-41]	금형의 황,정타 형상	61
[사진 2-42]	원자재 선정	62
[사진 2-43]	절단자재 검사기	63
[사진 2-44]	절단소재 측정용 전자저울	63
[사진 2-45]	절단재 파레트	64
[사진 2-46]	밴드쏘 절단기	64
[사진 2-47]	전단절단기의 금형	66
[사진 2-48]	자유단조용 해머	67
[사진 2-49]	자유단조용 프레스	67
[사진 2-50]	자유단조품 크랭크와 샤프트의 모습	68
[사진 2-51]	자유단조를 응용한 단조공법	68
[사진 2-52]	열간 제품을 잡을 수 있는 집게	69
[사진 2-53]	예비단조후 중앙에 홀을 낼 수 있는 펀치	69
[사진 2-54]	가열소재를 취급할 수 있는 장갑	70
[사진 2-55]	예비단조후 피어싱시 보조 다이	70
[사진 2-56]	자유단조품 지그, 크랭크	70
[사진 2-57]	자유단조 실작업과 제품류	71
[사진 2-58]	자유단조후 링롤모습	72
[사진 2-59]	링롤 작업중	73
[사진 2-60]	링롤 작업후 보관	74
[사진 2-61]	피트로형식의 열처리로	81
[사진 2-62]	에이프론 쇼트기와 내부 모습	84
[사진 2-63]	산화스케일 모습	85
[사진 2-64]	쇼트후 산화스케일 제거상태	85
[사진 2-65]	쇼트피닝 설비와 내부모습	86
[사진 2-66]	샌딩기/수동	87
[사진 2-67]	금형소재/사각	87
[사진 2-68]	금형소재/원형	88
[사진 2-69]	금형가공 장비	88
[사진 2-70]	금형사상공정	89
[사진 2-71]	금형 도금후 모습	89

[사진 2-72]	캠샤프트 금형	89
[사진 2-73]	크랭크샤프트 금형	90
[사진 2-74]	프레스금형용 카트리지	90
[사진 2-75]	금형재 준비	91
[사진 2-76]	금형가공	91
[사진 2-77]	금형검사	92
[사진 2-78]	금형마모 확인	92
[사진 2-79]	금형인하 처리	92
[사진 2-80]	석고검사	93
[사진 2-81]	석고검사 대기중 석고	93
[사진 2-82]	석고검사 완료후 석고	94
[사진 2-83]	금형보관 형태	98
[사진 2-84]	금형보관/금형 배치도	98
[사진 2-85]	석고검사를 통한 금형검사	100
[사진 2-86]	단조표면 결함사례	103
[사진 2-87]	단조품 표면 찍힘	104
[사진 2-88]	원자재 결함 사례	104
[사진 2-89]	비커스경도기	107
[사진 2-90]	크로웰경도기	107
[사진 2-91]	인장시험편 시험전	108
[사진 2-92]	인장시험기	108
[사진 2-93]	인장시험편 시험후	109
[사진 2-94]	충격시험기	110
[사진 2-95]	고정식비파괴검사 장비	113
[사진 2-96]	비파괴검사 MT전, 후 사진	113
[사진 2-97]	포터블/이동식 자분탐상기	114
[사진 2-98]	액체침투탐상검사후 결함	115
[사진 2-99]	실제초음파 탐상검사 모습	117
[사진 2-100]	부적합품 식별	121
[사진 2-101]	현장의 품질교육	122
[사진 2-102]	초,중,종품 검사	124
[사진 2-103]	눈에 보이는 관리	133
[사진 2-104]	눈으로 보는 관리 사례-1	133
[사진 2-105]	눈으로 보는 관리 사례-2	133
[사진 2-106]	해머 일상점검개소	135
[사진 2-107]	프세스 일상점검개소	136
[사진 2-108]	전기가열로 일상점검개소	137
[사진 2-109]	안전보호구 착용기준	159

[사진 2-110] 사내속도제한	160
[사진 2-111] 이면안전거울	160
[사진 2-112] 안전게시물 부착	160
[사진 2-113] 현장 안전게시판 사례	161
[사진 2-113] 크랭크 조립	173
[사진 2-114] 피스톤핀과 컨넥팅로드	174
[사진 3-1] 다양한 형상의 압출금형	203
[사진 3-2] 원형모양의 압출금형	204
[사진 3-3] 다양한 모양의 압출제품	204
[사진 3-4] PVC 파이프 외 압출제품	205
[사진 4-1] Billet소재	216
[사진 4-2] 인발공정 소개	216

제 1 장 소성가공 개론

1. 소성가공이란?

소성가공[plastic working, 塑性加工]은 재료가 가지고 있는 성질을 이용, 재료에 탄성 한도를 넘어 원하는 형상으로 성형하는 가공법이다. 주로 금속가공에 사용되어 발전되었으나 최근에는 고분자 재료에도 응용되고 있다. 소성가공은 금속재료의 주괴로부터 판재, 봉재, 관재, 단조재 등을 성형하는 1차 가공과 1차 제품을 소재로 성형하는 2차, 3차 가공분야 까지 포함되며 또 플라스틱 제품도 거의 이 방법을 이용하여 가공되고 있으며 냉간가공, 온간가공, 열간가공의 3개 분야 및 부피성형가공과 판재성형가공으로 분류하기도 하며 최근에는 뿌리산업이라고 하여 많은 연구개발을 통해 발전하고 있는 가공법이다.

가. 소성변형(Plastic deformation)

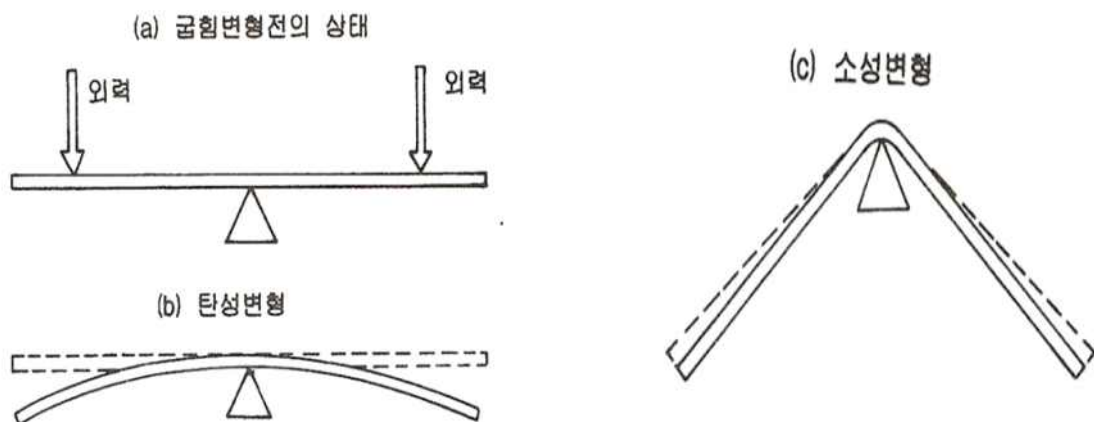
재료에 외력을 가하면 재료 내부에는 응력상태가 발생하여 변형이 일어난다. 외력이 작을 경우 외력을 제거하면 재료는 완전히 원래의 형상으로 복귀하나 외력이 어느 정도 커지면 이를 제거하여도 완전히 원래대로 복귀하지 않고 약간의 변형이 남는다. 즉, 탄성한도를 넘은 변형을 소성변형(영구변형)이라 한다.

나. 가소성(plasticity)

소성변형을 일으키는 재료 성질을 소성 혹은 가소성이라 한다.

다. 탄성변형(elastic deformation)

재료에 외력을 가했다 제거하면 원형으로 복귀되는 현상을 탄성변형이라 한다.



[그림 1-1] 탄성변형과 소성변형

2. 공업용 소성재료

소성가공에 이용되는 성형용 재료는 거의 90% 이상이 철강이며 다음으로 알루미늄 및 그 합금, 구리 및 그 합금, 기타의 순으로 이용된다.

가. 철강

탄소함유량에 따라 특성이 현저하게 차이가 난다. 저탄소강은 탄소함유량이 0.25%로 큰 소성변형이 가능하며 자동차 강판 등 판구조의 부품으로 널리 사용되고 있다. 중탄소강은 탄소 함유량이 0.25~0.6%로 소성변형하기가 어렵지만 단단하면서 견고하여 기계부품의 성형재로서 사용된다.

나. 비철금속

알루미늄 및 그 합금은 가볍고 또한 합금에 의하여 강화할 수 있으므로 가정용으로 부터 항공기 부품까지 다양하게 사용되고 있다. 비철금속 재료는 소성가공이 용이하다.

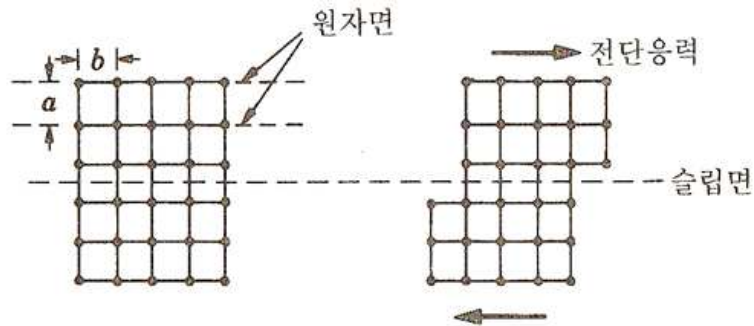
구리 및 그 합금은 전기 열전도성이 우수하여 공업용 재료에 다양하게 사용되고 있으며, 대표적인 합금에 황동, 베릴륨동이 있다.

단조를 하는 동안 파괴가 일어나지 않고 변형될 수 있는 금속의 상대적인 성질 이외의 특수재료로서 Ti, Ni 등의 합금도 이용되지만 일반적으로 성형성이 좋지 않다. 최근 주목되고 있는 재료로는 큰 연신을 나타내는 초소성 재료, 온도에 따라서 변형 이전의 현상으로 되돌아가는 형상기억 합금, 결정구조를 갖지 않는 비정질(Amorphous) 합금 등이 있다.

3. 금속결정의 소성변형

금속이 외력을 받아 소성변형이 발생할 때 금속을 구성하는 결정립에 의하여 일어나는 변화를 보면 탄성한계를 넘었을 때 그 표면에는 결정립 내부에 서로 평행한 선이 나타남을 현미경으로 볼 수 있다. 외력이 더 커져서 변형이 진행하면 이들 선의 수도 증가 한다. 이들 평행한 선은 개개의 결정이 어떤 결정면에서 슬립(slip)을 일으켜 생긴 것이며 이것을 슬립라인(slip line)이라 한다. 마치 책장에 꽂아 둔 책들이 옆으로 쓰러질 때의 모양과 비슷하다. 이때 슬립면과 미끄러짐이 생기는 방향이 슬립방향(slip direction)이다.

가. 전단응력을 받는 단결정에서 소성변형으로 인한 영구변형

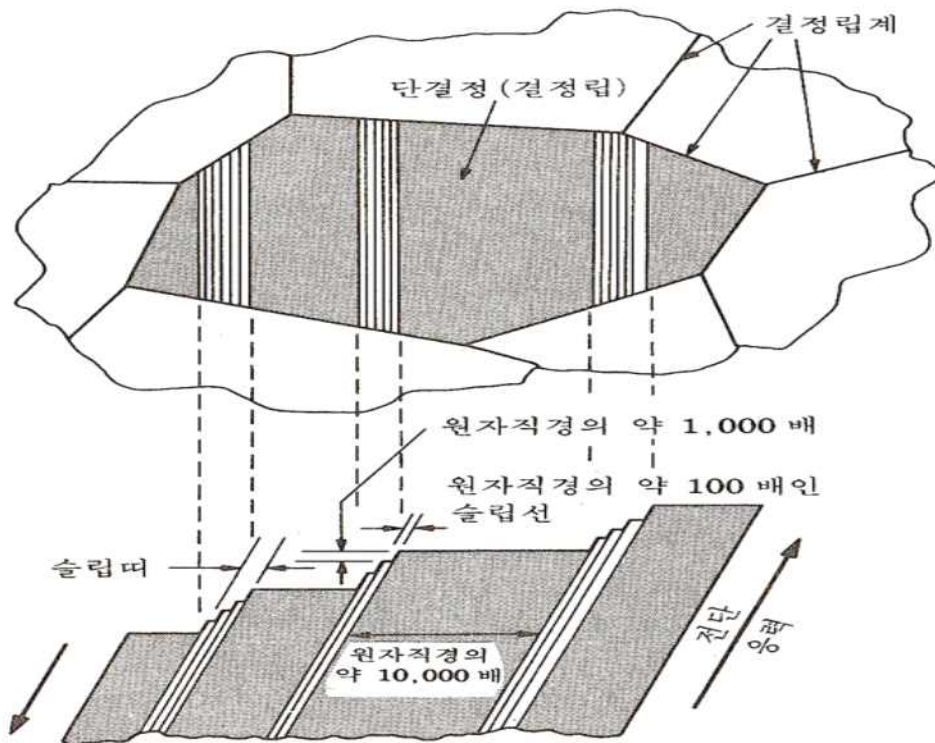


[그림 1-2] 전단응력에 의한 영구변형

(a) 변형 전 구조 (b) 슬립을 일으키는데 필요한 전단응력 크기는 b/a 비례에 따라 달라진다.

나. 슬립 띠(slip band)

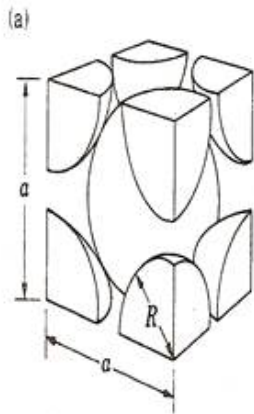
전단응력을 받는 단결정에 생기는 슬립선과 슬립띠. 슬립띠는 다수의 슬립면으로 이루어진다.



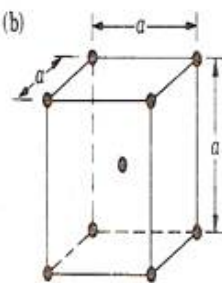
[그림 1-3] 슬립띠와 결정립

다. 금속의 원자배열구조

1) 체심입방형 격자구조(BCC)



(a) 구형모델



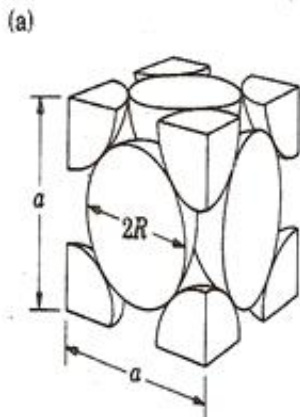
(b) 단위포



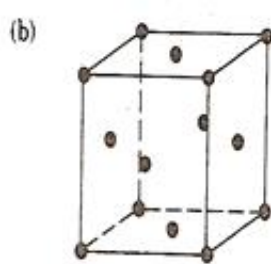
(c) 다수단위로 구성된 단결정

[그림 1-4] 체심입방격자 구조

2) 면심입방형 격자구조(FCC)



(a) 구형모델



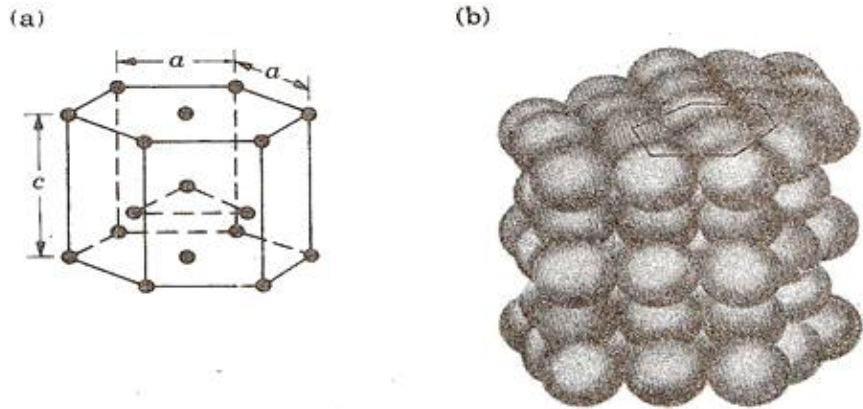
(b) 단위포



(c) 다수단위로 구성된 단결정

[그림 1-5] 체심입방격자 구조

3) 조밀육방형 격자구조(HCP)



(a)단위포

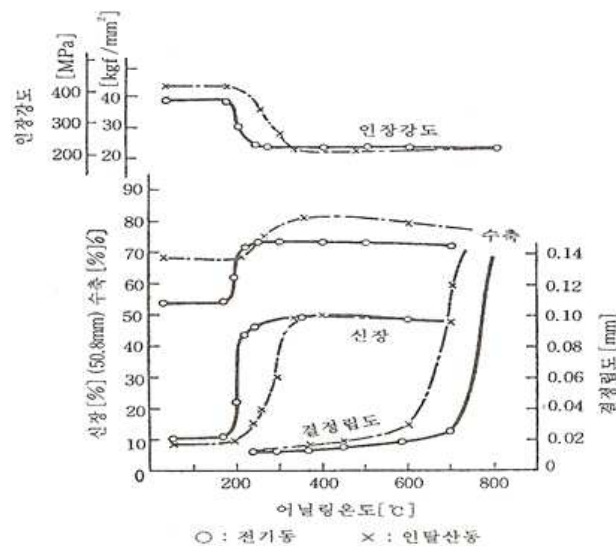
(b)다수단위포로 구성된 단결정

[그림 1-6] 조밀육방형 격자구조

4. 어닐링(annealing)

금속가공 경화된 재료를 재결정온도 이상에서 충분히 긴시간 가열하여 전위수가 정상적인 새 결정립으로 치환하여 그 재료의 기계적 성질을 정상상태로 복귀시키고 변형 능력을 회복하는 것을 어닐링 annealing(焼鈍)이라 한다.

가. 어닐링온도와 기계적 성질 관계



[그림 1-7] 어닐링 온도와 기계적 성질 관계도

나. 회복(recovery)

금속재료가 소성변형을 하면 그를 구성하는 결정립은 상당히 변형된 상태에 있으나 가열하면 원자운동이 활발하여 정상상태로 돌아간다. 이때 어떤 온도 이하에서는 재료의 결정립은 그대로 존속하고 결정내의 변형이 어느 정도 해소된다.

다. 재결정(recrystallization)

가열온도가 높을 때는 변형되어 있는 큰 하나의 결정에서 다수의 변형 없는 작은 새 결정립들이 발생하는데 이것을 재결정(recrystallization)이라 한다.

라. 재결정 현상에 미치는 인자의 영향

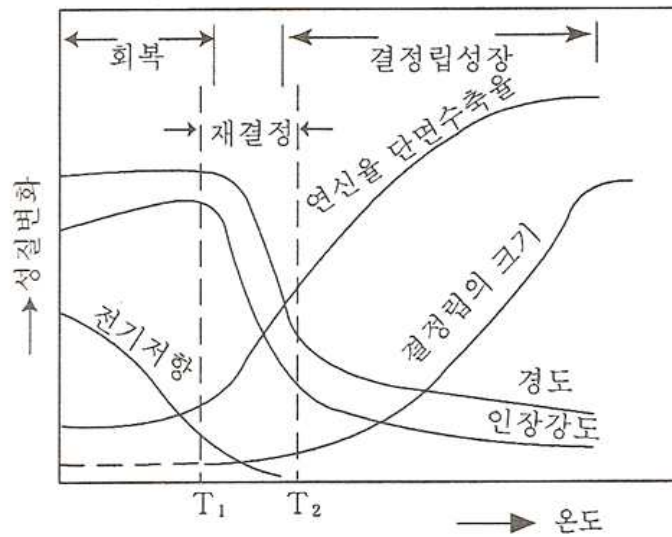
- 1) 변형량이 클수록, 변형전의 결정립이 작을수록, 금속의 순도가 높을수록, 변형시 온도가 낮을수록, 어닐링 시간이 길수록 재결정 온도는 낮아진다.
- 2) 동일 금속에서는 재결정 완료시의 결정립의 크기는 원칙적으로 재결정온도가 낮을수록, 또 입자의 크기는 변형량이 클수록 작다.
- 3) 재결정 온도 이상으로 유지하면 온도가 높을수록, 또 시간이 길수록 결정립은 커진다. 즉 재결정후 결정립은 성장한다.
- 4) 성질의 불균일성이 원인이 되어 이상적으로 큰 결정립을 형성할 때가 있다. 이것을 이상성장(germination)이라하는데, 입자 크기가 같지 않거나 변형 불균일, 온도 구배, 농도 구배 등에서 기인한다.
- 5) 금속 중 제2의 성분상으로서 이물(異物)이 있으면 입자의 성장이 방해된다. 그러나 적당량이 존재하면 이상성장이 촉진 될 때도 있다.

마. 주요 금속의 재결정온도

[표 1-1] 금속의 재결정 온도

금속	재결정온도(°C)	금속	재결정온도(°C)
Au	200	Al	150-240
Ag	200	Zn	7-75
Cu	200-300	Sn	-7-25
Fe	350-400	Pb	-3
Ni	530-660	Pt	450
W	1200	Mg	150
MO	900		

바. 재결정과 재료특성 관계



[그림 1-8] 재결정과 재료특성의 관계

사. 냉간성형 가공에서 바람직한 황동의 결정입경

[표 1-2] 냉간성형 가공시 결정입계

결정립 직경[m/m]	냉간성형 가공의 종류
0.015	경도의 성형
0.025	얇은 오무리기
0.035	보통의 오무리기
0.050	깊은 오무리기 (디입드로오잉)
0.100	두꺼운 판의 깊은 오무리기

아. 압연 및 압연 후 재결정에 의한 금속결정 구조의 결정립의 우선방위 (preferred orientation)

[표 1-3] 압연 전·후 금속의 재결정 우선방위

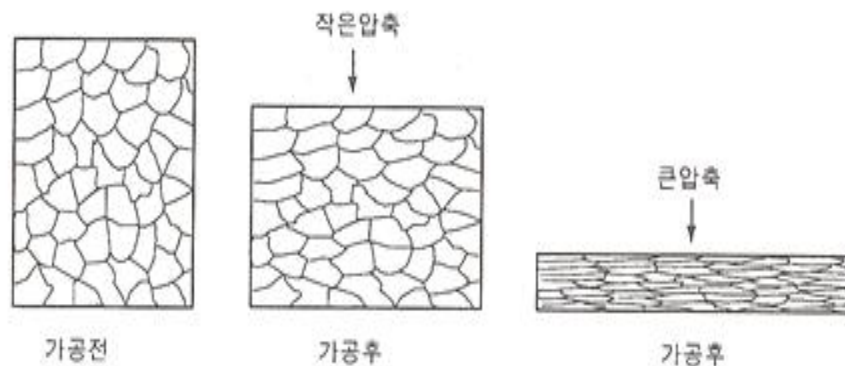
금속	압연 후		압연 후 재결정	
	압연방향	압연면	압연방향	압연면
a-황동	[112]	(110)	[110]	(311)
Al				
Cu	[112]	(110)	[100]	(001)
Ni	[111]	(112)		
a-Fe			[110]	(001)
Mo	[110]	(001)	[112]	(111)
Zn	[1120]	(0001)	[110]	(112)
			-	-

철을 압연하면 압연면은 격자의 입방체 면과 평행이 되고 압연방향은 입방체의 면의 대각선과 평행이 되는 방위가 많다. 따라서 어닐링하여 재결정시키면 어닐링 온도가 높아짐에 따라 원래의 방위와는 다른 방위가 많아지고 점점 입의 배열에 가까워진다.

5. 냉간가공과 열간가공

가. 냉간가공 (cold working)

일반적으로 사용되는 공업용 재료에서 냉간가공은 열간가공과 같은 큰 소성변형을 시키기는 어려우나 다듬질 치수의 정밀도가 좋으므로 판(板), 선(線), 관재(管材) 등의 다듬질 가공에 이용되며 냉간가공에 의한 가공경화를 이용하는 일이 많다. 냉간가공 특징으로는 가공 면이 아름답고 정밀한 형상의 가공 면을 얻을 수 있으며 가공경화로 경도가 증가하며 연신율은 감소한다.



[그림 1-9] 냉간가공 결정조직의 변화

나. 열간가공 (hot working)

재결정온도(再結晶溫度) 이상에서 소성가공을 하면 변형과 동시 회복, 재결정을 일으키고 연화된다. 이 때문에 큰 가공이 연속적으로 이루어 질수 있다. 열간가공을 하기 위해서는 소재(素材)를 가열로에서 가열한 후 가공기계에서 작업하게 되는데, 가공금형 및 가공기계도 작업하기 전에 표면을 예열하여 사용하는 것이 좋다. 따라서 큰 변형가공을 할 수 있으므로 일반적으로 금속재료에서는 잉곳을 만든 후 열간가공을 이용, 작업한다.

열간가공 특징으로는 거친 가공에 적합하며, 재결정 이상으로 가열하므로 가공이 용이하지만 산화로 인하여 정밀가공은 곤란하다.

[표 1-4] 주요금속의 열간가공 표준온도(온도 : °C)

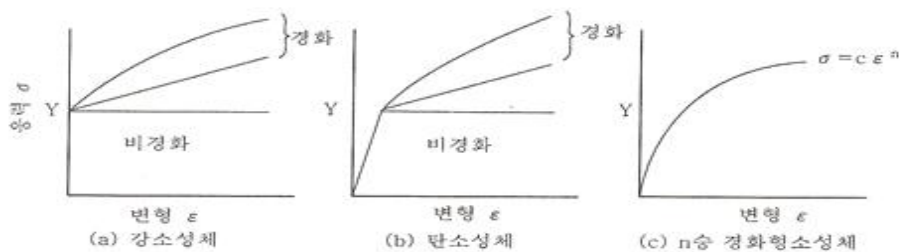
구 분	탄소강	스테인 레스강	고속도 공구강	고력강	스프 링강	듀랄 루민	구리	황동 (7.3)	황동 (6.4)
가열온도	1200	1200	1250	1250	1150	510	870	850	750
마무리온도	800	900	950	800	900	400	750	700	500

- 1) 납과 주석이 상온에서 가공해도 거의 경화가 되지 않는 것은 재결정 온도가 상온 이하이기 때문이다.
- 2) 상온과 재결정 온도 중간에서 행한 가공은 정의상 냉간가공이지만 일반적으로 온간가공이라고 한다.

6. 응력과 스트레인과의 관계

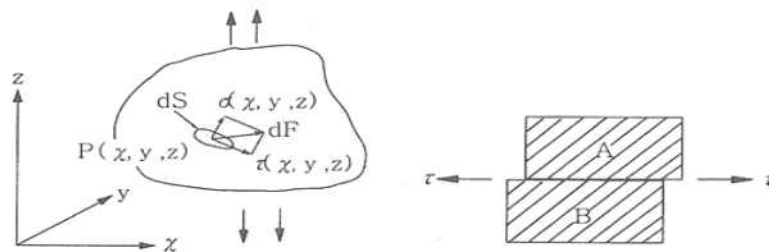
금속의 단결정은 탄성변형 및 소성변형에 대하여 방향성을 가지고 있으나, 실제의 공업용 금속재료는 방향이 불규칙한 미소 결정의 집합인 경우가 대부분이므로 전체로 볼 때는 등방체(等方體)로 취급할 수가 있다.

가. 응력 - 변형선도



[그림 1-10] 응력 - 변형선도

나. 응력의정의; 전달된 힘을 면적으로 나눈 것



[그림 1-11] 응력의 정의와 전단응력

7. 가공력과 일량

소성변형력에 작용하는 가공외력으로는 가공기술상 압축외력이 주로 이용되며 인장외력을 이용하는 것은 인발가공 등에 한한다. 인장외력은 원래 가로방향의 단면축소를 초래하여 소성변형역의 축소화를 가져오므로 좋지 않다.

가공외력의 차력점(差力點)의 변위로 일이 수행된다. 이 접촉면에 작용하는 변형저항력의 크기는 재료의 가공경화성뿐 아니라 접촉면의 마찰과 가공방향에 수직인 방향의 자유변형에 대한 제한으로 증대 된다. 어느 경우에도 정수압 적응력의 증가를 가져온다. 따라서 일량은 변형에너지와 마찰일에 소비된다.

가. 변형저항에 영향을 미치는 인자들

- 1) 변형된 높이의 차와 가공전의 높이와의 비가 적을수록 변형저항은 커진다.
- 2) 단조온도와 변형저항은 반비례 한다.
- 3) 가공속도, 표면 거칠기와는 비례 한다.
- 4) 재외주보다 접촉 중심에서의 변형저항은 더 크다.

나. 소성가공 대표적인 변형속도

소성가공공정	V(m/min)	소성가공공정	V(m/min)
단조가공(해머)	150-600	선긋기 긴 가공	300-2400
압연가공	15-150	폭발가공	1800-7600
압출가공	2-20	절삭가공	25-90
관 외 인발가공	3-30	심교가공	3-60

[그림 1-12] 소성가공과 변형속도

8. 소성가공 종류

소성가공을 방법에 따라 분류하면 다음과 같다.

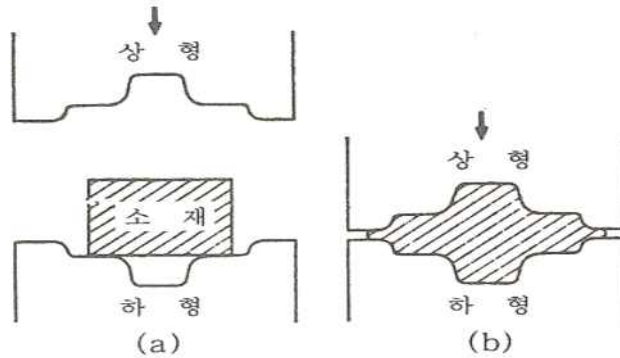
가. 단조(鍛造)

단조는 소재의 가소성을 이용하여 가압성형하는 공법으로 조직을 치밀하게하여 기계적 성질을 향상시키며 단조형태에 따라 자유단조와 형단조로 나누며 가열방식에 따라 열간단조, 온간단조, 냉간단조로 구분한다.

단조용 장비로는 Hammer, Press(Crank, Hydraulic)가 대표적인 장비이며 부대설비는 가열로, 트리밍 프레스, 컴프레서 등이 필요하다.

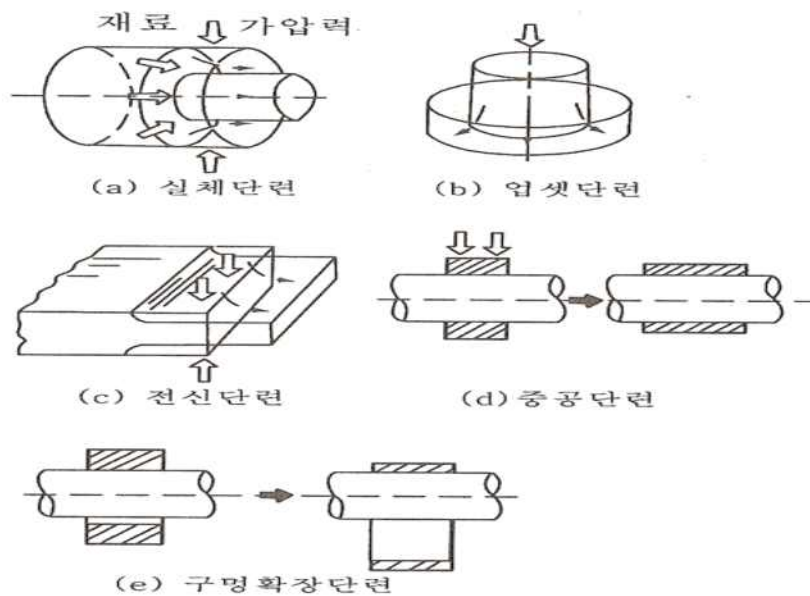
단조용 소재로는 탄소강, 합금강이 주로 사용되며 기타 재질도 가열조건 및 설비 능력에 따라 다양하게 작업이 가능하다.

단조품 사용용도로는 자동차, 농기계, 산업기계, 방위산업, 항공기, 기타 구동장치 등 산업 전반에 걸쳐 다양하게 사용하고 있다.



[그림 1-13] 형단조

1) 단조단련 방식



[그림 1-14] 단조단련방식

- (a) 단면적 감소, 길이 증가 (b) 단면적 증가, 길이 감소
- (c) 한 방향으로 압축, 압축방향 직각인 두 방향 차이
- (d) 중공상태 단면적 감소, 길이 증가 (e) 중공부 확대

2) 단조가공의 목적

- (가) 원하는 형상제작
- (나) 재료결정 입자의 미세화
- (다) 재질개선

3) 형단조의 특징

(가) 장점

균일한 제품생산이 가능하며 제품의 형상치수가 일정하므로 중량차가 작고, 대량생산할 수 있어 경제적이다.

(나) 단점

금형제작비가 과다하여 경비가 많이 소요되며 제품중량(300kg이상)이 큰 제품은 생산이 어렵다

4) 형단조금형의 대표적 형식

- (가) 밀폐형 (나) 복식형 (다) 개방형 (라) 특수형

5) 단조용 금형재료 조건

- (가) 고온에서 변형되지 않고 마모저항이 클 것.
- (나) 충격과 가열시 균열이 생기지 않을 것.
- (다) 열처리가 용이하여 균일한 경도 및 점성강도를 유지할 것.
- (라) 열전도도가 클 것.
- (마) 피삭성이 좋을 것.
- (바) 경제성이 좋고 금형수명이 길 것.

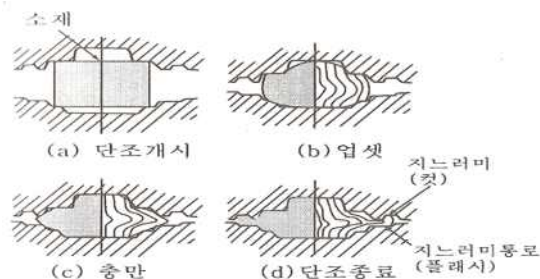
6) 가열로의 구비조건

- (가) 적당한 가열온도를 유지하도록 할 것.
- (나) 가열온도를 조절할 수 있을 것.
- (다) 산화, 탈탄을 최소화 할 것.

7) 플래쉬(flash)

형단조에서 단조품의 주위에 플래쉬(flash)가 생긴다. 단조품의 외주와 같이 윤곽을 펀치와 다이를 사용하여 플래쉬를 펀칭하여 단조품을 떼어낸다. 즉, 플래쉬란 형단조에서 비어져 나온 덩이를 말한다.

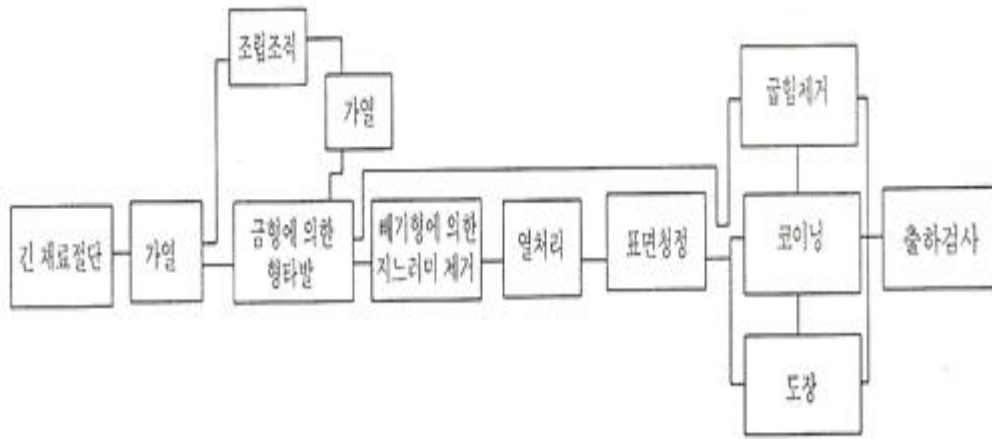
8) 형단조시 재료의 변형과정



[그림 1-15] 재료의 변형과정

단조 종료 후 여분의 지느러미는 트리밍하여 제거한다.

9) 형단조 제조공정도



[그림 1-16] 형단조 제조공정도

금형파손을 방지하기 위하여 금형을 150-200℃로 예열한다.

10) 금형 윤활제가 구비해야 할 조건

- (가) 단조품의 형분리를 좋게 할 것.
- (나) 단조시 재료의 흐름을 좋게 할 것.
- (다) 금형을 냉각할 것.
- (라) 금형의 마모를 적게 할 것.

나. 압출(壓出)

상은 또는 가열된 금속을 용기 내에 넣고 이를 한쪽에서 밀고 다른쪽에 마련한 구멍 또는 주변의 틈이나 중앙부의 구멍으로부터 밀어내어 봉이나 관을 만드는 가공법이다. 주로 열간가공이지만 납·주석 등은 냉간압출로 가공하기도 한다.

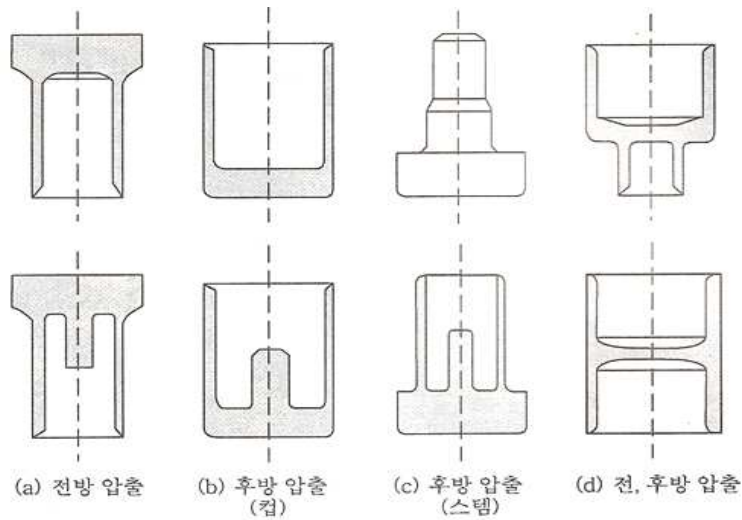
1) 압출(extrusion) 방식의 종류

- 직접압출(direct extrusion)
- 역식압출(inverse extrusion)
- 간접압출(indirect extrusion)

2) 압출용도에 따른 분류

- 봉재 및 단면재의 압출(solid extrusion)
- 관재압출(tube extrusion)
- 충격압출(impact extrusion)

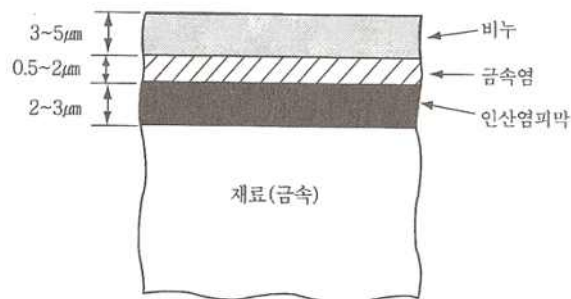
3) 강의 냉간압출 제품의 형상



[그림 1-17] 냉간압출 제품의 형상

냉간압출에 사용되는 재료는 탄소강, 저합금강이 있지만 탄소강, Cr강, Cr-Mo강, Ni-Cr강, Br강 등도 사용된다.

4) 냉간 압출에 대한 재료의 윤활막

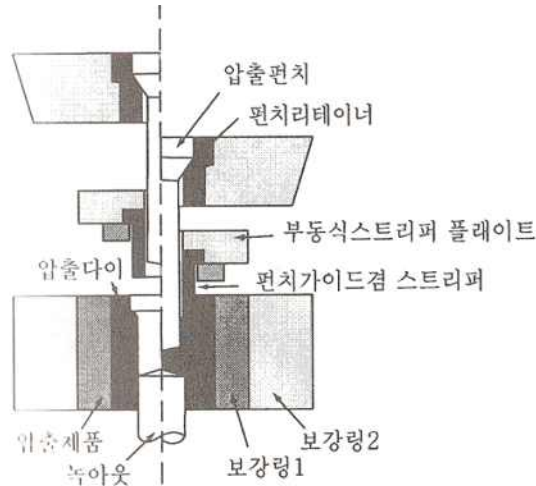


[그림 1-18] 냉간압출 제품의 형상

5) 윤활제 선정 및 종류

- (가) 비철금속을 압출하는 경우 사용되는 윤활제는 식물유, 동물류, 광물류 등이 있으며 이들을 재료에 도포하여 사용하는 것이 좋다.
- (나) 윤활방법이 불량하면 제품표면이 매끄럽지 못하고 공구에 미치는 응력이 커져 공구가 빠르게 파손된다.
- (다) 이러한 문제를 해결하기 위하여 강을 압출할 때는 인산염피막과 금속염을 조합, 사용하는 윤활법을 이용한다.
- (라) 그 중에서도 인산염피막(인산아연피막이 좋다)은 처리액 중 재료를 침적시키는 동안 화학반응에 의해 재료와 밀착, 가공 중 재료와 다이가 접촉함으로서 방지된다.
- (마) 금속염은 마찰계수가 적고 피막과 결합상태가 좋아 극압상태에서도 윤활작용이 우수하다.

6) 강의 냉간압출 가공용 공구의 구조



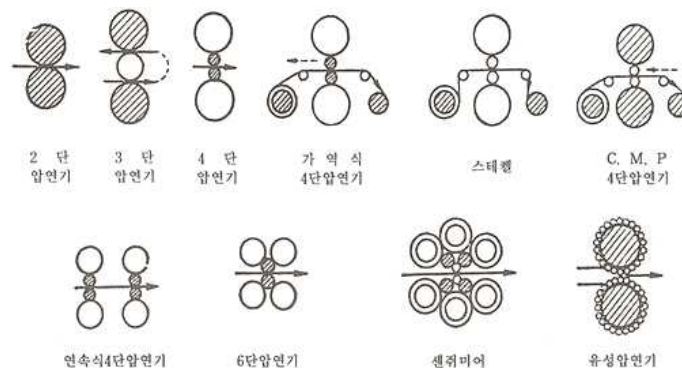
[그림 1-19] 강의 냉간압출 공구의 구조

7) 공구강 선정

- (가) 공구는 다이 바깥쪽에 가열된 보강 링을 다이에 붙여 다이 안쪽에 미리 압축응력이 작용하도록 설계 한다.
- (나) 형재에 작용하는 응력이 가장 많아 마찰이 심한 다이에는 냉간다이스강 SKD11이나 고속도강 SKH9을 사용하고 있다.
- (다) 최근에는 고가이지만 수명향상을 위하여 경도가 높고 내마모성이 큰 초경합금을 사용 한다.

다. 압연(壓延)

열간, 냉간가공에서 금속을 회전하는 2개의 롤 사이로 재료를 통과시켜 단면을 압연하여 두께나 직경을 줄이는 가공법이다. 주로 판재(板材) 등을 만든다. 또 홈 불이롤을 사용하여 형재(形材)나 선재(線材)를 만드는 열간·냉간의 두 가지 방법이 있다.



[그림 1-20] 압연기의 종류

1) 압연기의 속도

- (가) 열간압연기 110km/h
- (나) 냉간압연기 150km/h
- (다) 선재압연기 210km/h

2) 압연제품에 따른 분류

- (가) 분괴압연(blooming)-잉곳에서 제품 중간재를 만드는 압연.
- (나) 판재압연(plate rolling)-후판, 중판, 박판을 만드는 압연.
- (다) 형강압연(angle rolling)-봉강, 산형강, 홈형강, 레일 압연.
- (라) 판재조질압연(temper rolling)-물리적성질 개선 및 조도 향상.
- (마) 교정압연-굽힘, 요철 등을 고치는 압연법.
- (바) 성형압연(roll forming)-단면을 성형하는 압연법.
- (사) 천공압연(piercing roll)-소재에 구멍을 뚫는 압연법.
- (아) 신장압연-판두께를 얇게 늘려가는 압연법.
- (자) 차륜, 타이어 압연-특수한 차륜, 타이어를 제작하는 압연법.

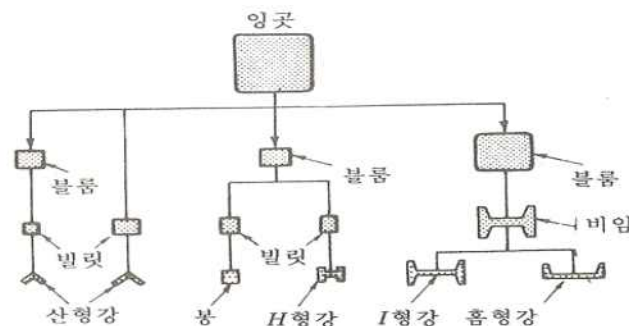
3) 압연기의 형식

- (가) 2단압연기-롤이 2개있고 그 롤강에서 압연을 하는 것.
- (나) 3단압연기-롤이 3개있어 역전없이 왕복압연 가능.
- (다) 4단압연기-2개의 작업롤과 2개의 백업롤 보유.
- (라) 가역식 4단압연롤-4단압연기 전후 감기. 푸는 장치 부착.
- (마) 스테켈압연기-롤 구동 없이 감는 기계 인장구동으로 압연.
- (바) CMP4단 압연기-백업롤 구동.
- (사) 연속식 4단압연기-4단압연기를 여러대 연속 압연.
- (아) 6단압연기-상하 백업롤을 2개씩 한 것.
- (자) 센취미어 압연기-작업롤의 지름을 작게 한 것. 12단, 20단이 있다.

4) 철강제조 계통도

철광석-용광로-용융선철-전기로-주조-강철잉곳-잉곳가열-잉곳압연-가열로-압연기-철강(봉, 형강, 레일, 선재, 철판)

5) 압연으로 제조되는 형강



[그림 1-21] 압연공정 소개

6) 후판압연 제조공정

슬랩-손질-가열-거친 압연-마무리압연-교정-냉각-절단-열처리-검사-출하

7) 후판압연 스케줄의 예

[표 1-5] 후판 압하율

NO	압연전(mm)	압연후(mm)	압하량(mm)	압하율(%)
1	165.0	138.6	26.4	16.0
2	138.6	113.0	25.6	18.5
3	113.0	90.6	22.4	19.8
4	90.6	69.8	20.8	23.0
5	69.8	50.6	19.2	27.5
6	50.6	33.0	17.6	34.8
7	33.0	23.0	10.0	30.3
8	23.0	17.2	5.8	25.2
9	17.2	13.4	3.8	22.1
10	13.4	11.2	2.2	16.4
11	11.2	10.0	1.2	10.7

8) 강판 열간압연 작업공정도

슬랩-손질-가열-스케일제거-조압연-두부절단-스케일제거-마무리압연-냉각-감기-냉연·열연

9) 압연롤러의 절손원인

(가) neck의 절손-주물불량, roller 조절불량, 작업온도 불균일.

(나) roller 표면거칠기-소재의 과열, roller 경도부족.

(다) neck와 body 경계절손-진동, 충격, housing 조절불량

(라) body 절손-소재 미가열 및 압하율 과다

10) 압하율을 크게 하려면

(가) 지름이 큰 롤을 사용한다.

(나) 롤의 회전속도를 높인다.

(다) 압연재의 온도를 높인다.

11) 마찰각(f)과 접촉각(α)과의 관계

가) $\alpha < f$ 인 경우; 재료가 자력으로 압입된다.

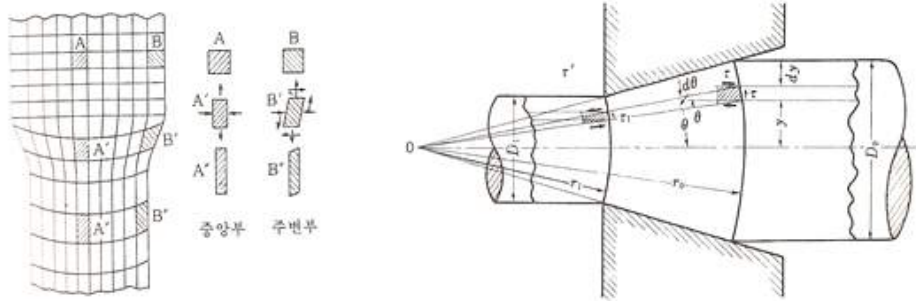
나) $\alpha = f$ 인 경우; 소재에 힘을 가한다.

다) $\alpha > f$ 인 경우: 압입되지 않는다.

라. 인발(引拔), 신선(伸線)

금속의 봉이나 관을 다이스 틀(dies)에 잡아당겨 통과시켜 단면을 감소시키는 공법

으로 선재나 관(管)을 만드는 데 사용된다.



인발가공시 재료의 변형

재료가 받는 부가적 전단변형

[그림 1-22] 인발시 재료의 변형

1) 인발가공 종류

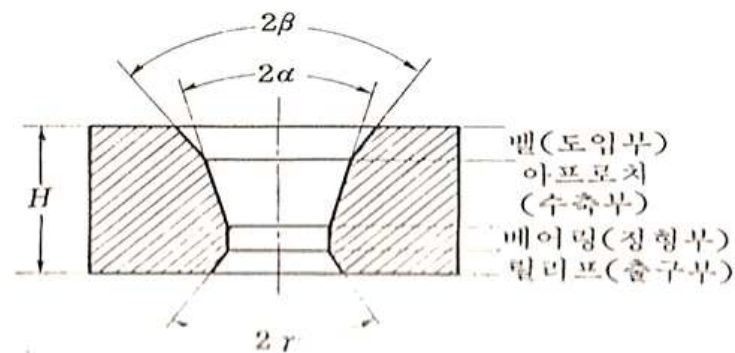
- (가) 봉재인발-bar drawing
- (나) 관재인발-tube drawing
- (다) 선재인발-wire drawing
- (라) 롤 다이법

2) 선재인발과정

잉곳(ingot)-블룸(bloom)-빌렛(billet)-스트립(strip)-풀림(annealing)-산화막 제거-산세 후수세-인발(drawing)-강선(wire)

3) 다이각도

도입부(bell), 안내부(approach), 정형부(bearing), 여유부(relief)



[그림 1-23] 다이의 형상

4) 인발기계

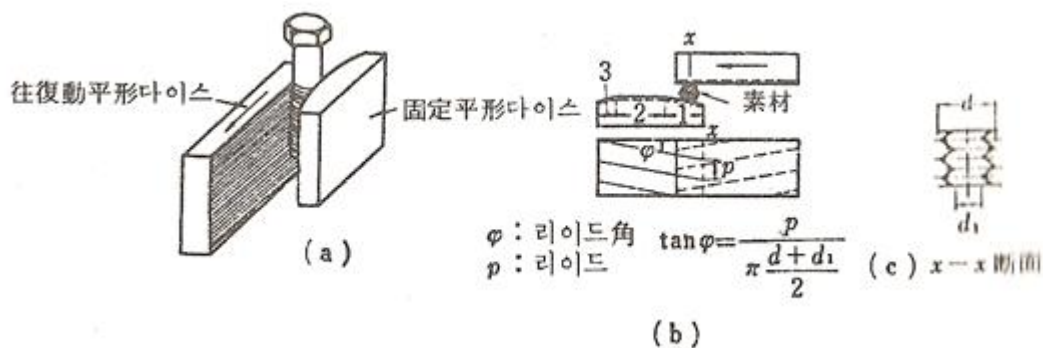
- 인발기 : 인발재의 1단을 잭으로 잡고 체인으로 잭을 이동하여 인발.
- 신선기 : 선을 빼는 부분과 감는 부분으로 다이를 통해 감는 형식.
- 선재교정기 : 선재 교정용.

마. 전조가공

전조는 수나사 또는 치차의 가공에 적용되며 압연가공과 같이 회전하는 롤 상의 형을 사용하여 원주형의 재료를 그 사이에 넣어 회전시키면서 재료의 주변에 나사산 또는 치형이 솟아오르게 성형하는 가공법이다.

1) 나사의 전조

나사전조(thread rolling)는 소성변형에 의해서 나사산을 성형하는 가공법이며 나사 소재에 전조다이스를 밀어 붙이면서 굴리면 다이스면에 설치된 나사산에 의해 소재표면이 소성변형하여 나사산이 만들어진다. 즉 전조다이스의 나사산이 소재에 물려 들어서 골을 성형하고 밀어 젖혀진 재료가 반경 방향으로 부풀어 산을 성형하는 것이다. 이 가공법은 주로 수나사에 적용되며 상온에서 이루어진다.



[그림 1-24] 평형다이스에 의한 나사의 전조

2) 나사전조의 장점

- (가) 칩이 발생하지 않으므로 재료가 절약된다.
- (나) 다이스를 재연삭하지 않고 수백만 개의 균일한 나사 생산.
- (다) 생산속도가 빨라 매분 수백 개의 나사를 생산한다.
- (라) 나사산과 그 부근만이 소성변형하며 축심부는 원래 상태다.
- (마) 응력을 집중적으로 받는 골 바닥이 가공경화되며 그 면이 매끈하다.

3) 나사전조 방법

(가) 평형다이스식 전조

1쌍의 평형다이스의 한쪽을 고정하고 다른 쪽을 왕복운동시켜 1회의 왕복으로 소재에서 나사성형.

(나) 부채꼴 다이스와 평형 다이스에 의한 플레나터리식 전조

왕복운동을 회전운동으로 바꾼 방법으로 행정의 낭비가 없어 양산성이 매우 높으나 고정측 다이스가 부채꼴이 되어 제작이 곤란하다.

(다) 유압식, 캠식 나사 전조기

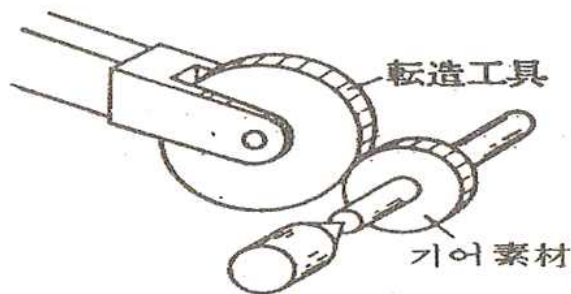
2개의 단형 다이스를 사용하며 양쪽의 다이스를 같은 주속, 같은 방향으로 회전시킨다.

(라) 차속식(差速式) 나사전조

좌우의 다이스 주속에 차를 부여하여 그 속도차를 이용, 피더에 의해 소재를 접선 방향으로 보내어 양 다이스를 통과할 때 전조할 수 있도록 되어 있다.

4) 기어의 전조(gear rolling)

기어소재 또는 전조공구 어느 한쪽, 혹은 양쪽에 강제회전시켜 전조공구를 소재에 밀어붙여 소재 외주의 재료에 소성변형을 일으켜 부풀게 한다. 재료는 공구와 소재의 상호회전 사이에 일어나는 성형운동에 의해 치형으로 만들어진다.



[그림 1-25] 기어의 전조

5) 기어의 전조방식

(가) 랙형 공구에 의한 방식

양 공구사이에서 전동하면서 소성변형을 일으켜 랙형공구와 맞물리는 피니언이 전조된다. 이 방법은 스플라인이나 세레이션 축과 같은 것을 제작할 때 편리하다

(나) 피니언형 공구에 의한 방식

피니언 기어와의 맞물림에 의해서 치형을 전조하는 방식.

(다) 내 기어형 공구에 의한 방식

내 기어와 피니언의 맞물림을 이용하는 것이며 내기어형공구에 의해서 외기어를 전조하는데 사용.

(라) 성형공구에 의한 방식

롤러의 단면치형은 전조기어의 치줄 직각단면 치형에 대응해 만들어진다.

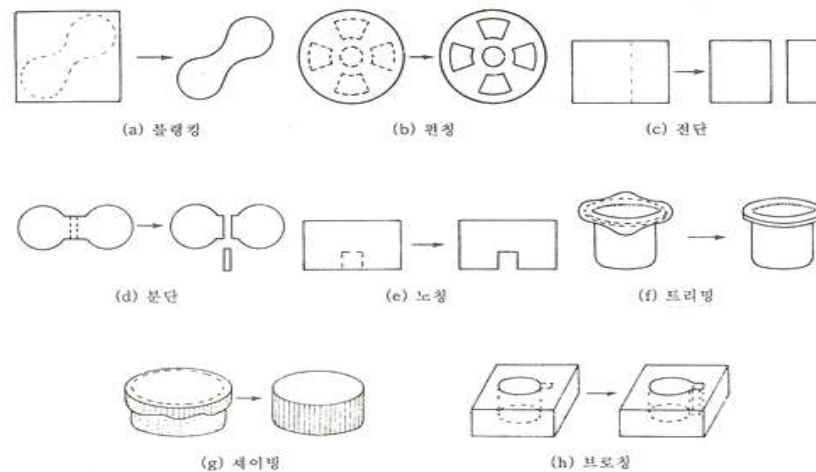
바. 프레스가공(press working)

주로 판상의 금속재료를 형을 사용하여 절단, 굽힘, 압축, 인장 등을 통해 원하는

형상으로 변형시키는 가공법이며 냉간이 주종을 이루고 있다. 주요 가공법으로는 전단가공, 굽힘가공, 드로잉가공, 압축가공, 복합인장 성형가공, 접합가공, 특수한 소성가공 등이 있다,

1) 프레스가공 특징

- (가) 제품이 가볍고 강하다.
- (나) 제품의 수가 정확하다.
- (다) 제품의 호환성이 양호하다
- (라) 가공시간 및 노력이 다른 가공법에 비해 적다.
- (마) 대량생산이 가능하고 고속 및 대용량으로 할 수 있다.



[그림 1-26] 각종 전단작업

2) 프레스가공 분류

(가) 전단작업(shearing operations)

- ① 블랭킹(blanking) ② 펀칭(punching) ③ 전단(shearing)
- ④ 트리밍(trimming) ⑤ 셰이빙(shaving) ⑥ 브로칭(broaching)
- ⑦ 노칭(notching) ⑧ 분단(parting)

(나) 성형작업(forming operations)

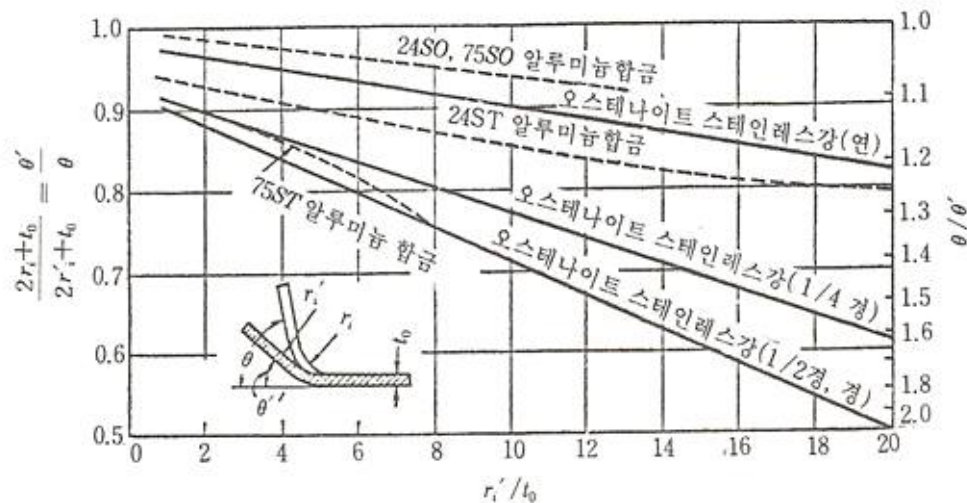
- ① 굽힘(bending) ② 디이프 드로오잉(deep drawing) ③ 벌징(bulging)
- ④ 비이딩(beading) ⑤ 스피닝(spining) ⑥ 시이밍(seaming)
- ⑦ 네킹(necking) ⑧ 커얼링(curling) ⑨ 인장성형(stretch forming)

(다) 압축가공(squeezing oprations)

- ① 압인가공(coining) ② 엠보싱(embossing) ③ 스웨이징(swaging)
- ④ 버어니싱(burnishing) ⑤ 충격압출(impact extrusion)

3) 스프링백 주요원인

- 경도가 높을수록 커진다.
- 같은 판재에서 구부림 반지름이 같을 때에는 두께가 얇을수록 커진다.
- 같은 두께의 판재에서는 구부림 반지름이 클수록 크다.
- 같은 두께의 반지름에서는 구부림 각도가 작을수록 크다.



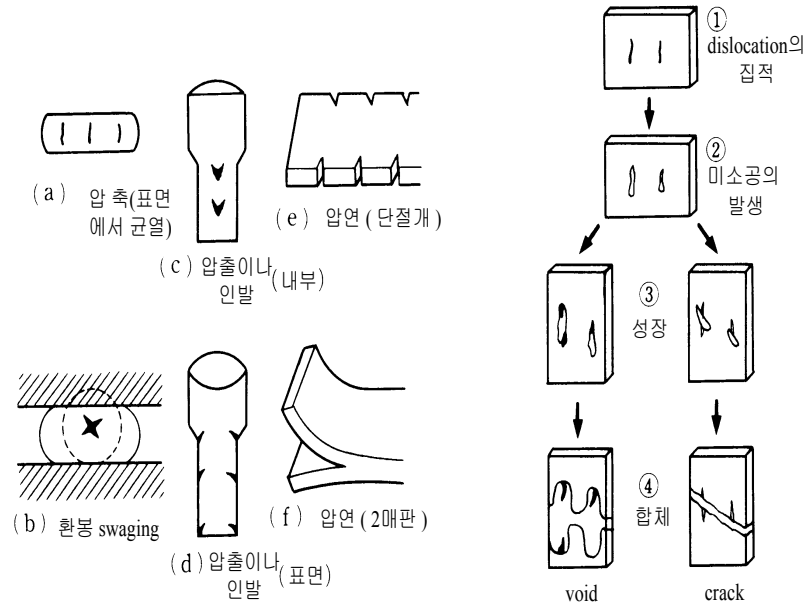
[그림 1-27] 여러 재료의 스프링 백(Spring back)

9. 소성변형과 연성파괴

가. 연성파괴

여러 종류의 관찰로부터 연성파괴는 [그림 1-27]에 나타난 과정을 거치는 것으로 알려져 있다. 즉,

- 1) 소성변형의 진행과 더불어 석출물이나 비금속 개재물 등의 제 2상과의 경계에 dislocation이 집적한다.
- 2) 그 부분의 응력이나 변형률이 어떤 조건에 이르면 개재물이 파괴하거나 모금속에서 박리되든가 하여 미소공이 생긴다.
- 3) 계속 소성변형이 진행하면 이들 미소공이 커지게 되고 void나 crack으로 성장한다.
- 4) void나 crack이 연결·합체해서 급속으로 성장하여 다음에는 거시적인 파괴에 이른다. 연성파괴의 변형에 영향을 미치는 인자는 여러 가지이지만 cementite나 비금속 개재물 등의 제 2상 입자의 양과 형상의 영향이 가장 크다. 또 가공중에 인자 응력이 작용하면 void나 crack의 성장이 빨라져서 작은 변형에서도 파괴가 발생한다.

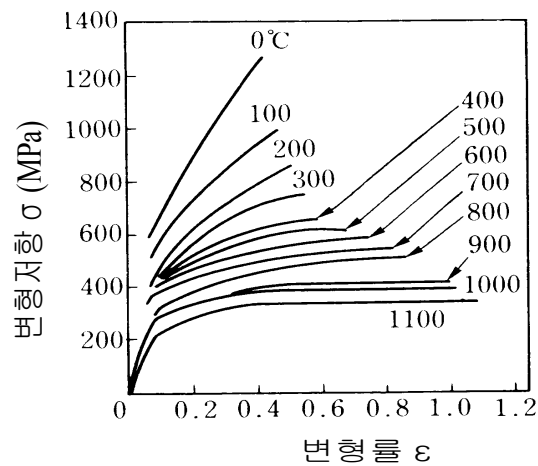


[그림 1-28] 가공에 의한 균열발생의 예

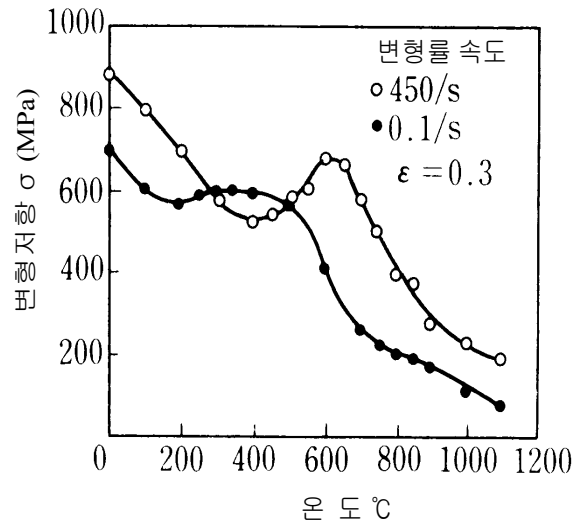
[그림 1-29] 연성파괴의 Crack과정

재 료	n 치
저탄소강	0.2 ~ 0.25
18-8 스테인레스강	0.4 ~ 0.5
고장력강	0.05 ~ 0.1
순알루미늄	0.25 ~ 0.3
순 동	0.3 ~ 0.5
6/4 황동	0.4 ~ 0.45
티타늄	0.1

[그림 1-30] 각종 금속의 n치



[그림 1-31] 온도에 의한 변형저항곡선의 변화(18-8 stainless 강)



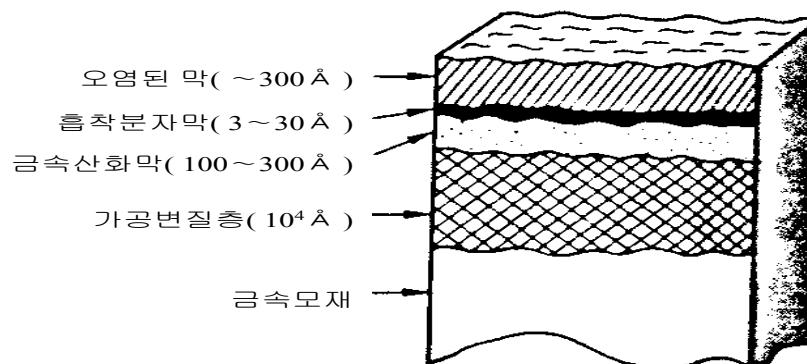
[그림 1-32] 탄소강의 변형저항에 미치는 온도의 영향

나. 소성가공의 트라이볼로지

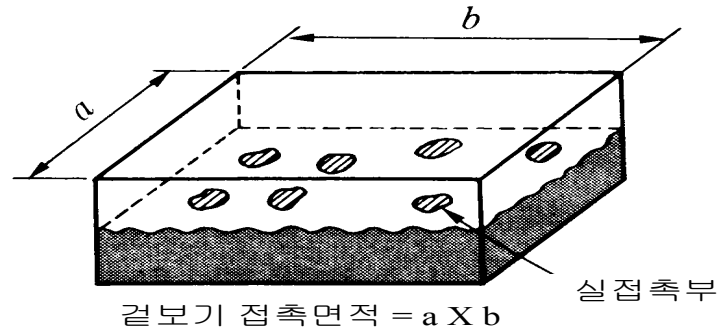
1) 트라이볼로지(tribology)란?

1966년 영국에서 정의된 용어인데 미끄럼면과 그와 관련한 과학과 기술의 총칭이다. 마찰, 마모, 윤활 등을 대상으로 하는 물리학, 화학, 재료학, 응용역학 등의 광범위한 분야이다. tribology의 tribo-는 ‘마찰’이란 의미의 연결형이고 -logy는 ‘학문’을 의미하는 명사를 만든 접미사이다. 어원은 그리스어 tribein(‘문지르다’라는 의미)이다.

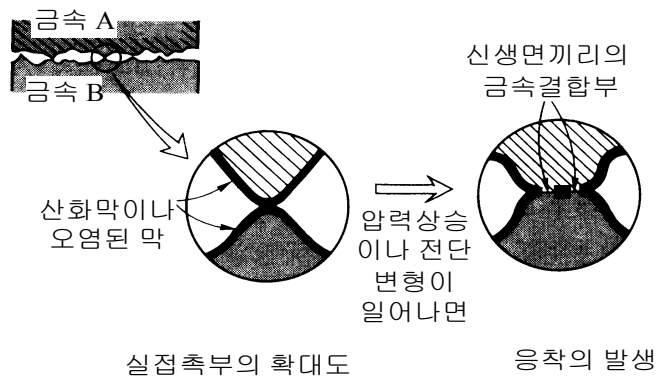
2) 일반적인 금속의 표면구조



[그림 1-33] 일반적인 금속의 표면



[그림 1-34] 2면의 접촉상태
(실접촉과 겉보기 접촉)

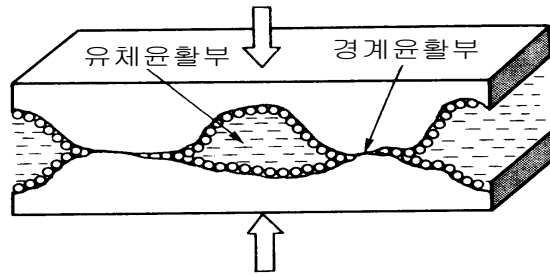


[그림 1-35] 금속표면의 미세凸부에서의 접촉상태

3) 윤활제의 역할

두 면을 마주 대하고 누를 때에 실제 접촉면상에 생긴 응착은 마모와 눌러붙음의 원인이다. 마찰계면에 응착이 생기고 한쪽의 금속에서 다른 쪽의 금속으로 미세한 입자가 이동하여 부착하며, 경우에 따라서는 두면 사이에서 바깥으로 배출되는 현상을 응착마모(adhesive wear)라고 부른다. 한편 마찰계면에서 압력의 상승이나 현저한 온도의 상승으로 두면 사이에 대규모의 응착이나 용착이 생겨 마찰계면이 심하게 손상되는 현상을 눌러붙음(galling 또는 welding)이라고 한다. 맞댄 두 면 사이의 금속마찰을 줄이거나 마모와 눌러붙음을 방지하는 데는 두 면 사이에 발생하는 응착, 특히 금속 결합을 감소시키는 것이 중요하다. 금속결합을 감소시키기 위해서는 두 금속의 접촉면에서 각각의 표면에너지를 줄이면 좋다. 구체적으로 각각의 금속표면에 내부 금속과는 다른 물질의 막을 분자막 정도의 두께로 흡착시켜서 금속의 높은 표면에너지를 이들 물질의 낮은 표면에너지로 대체하여 낮추면 된다. 특별히 두꺼운 액체의 막을 사이에 만들어서 두 면간의 근거리력과 원거리력에 의한 간섭을 완전히 차단할 수 있으면 이상적인 방법이다. 서로 미끄러지는 두 개의 면 사이를 윤활하는 것은 이런 원리에 근거한 것이다. 한 분자 혹은 수 분자 정도

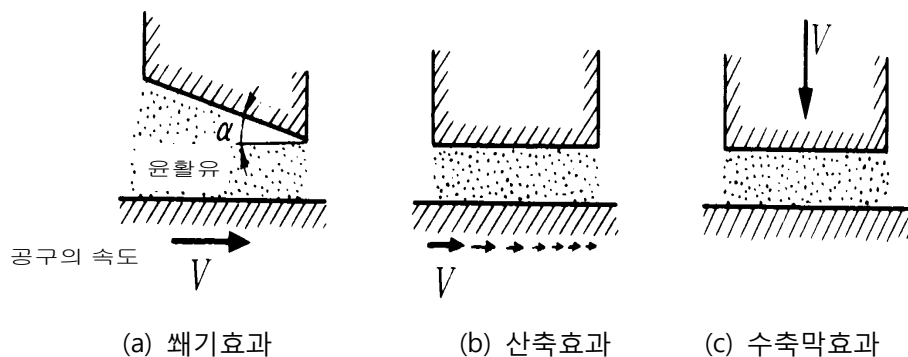
의 두께를 가진 막에 의한 금속 결합을 방지하고 있는 상태를 경계마찰 (boundary lubrication)이라고 한다. 한편 액체의 두꺼운 막이 두 면 사이에 형성되어 직접적인 간섭을 완전히 차단한 상태는 유체윤활(fluidlubrication)이다. 실제 마찰면에서는 전체면이 경계윤활 혹은 유체윤활인 경우는 적고 양자가 혼합된 혼합윤활(mixed lubrication)상태인 경우가 많다.



[그림 1-36] 윤활유를 도포한 2면의 접촉

4) 유체윤활

유체윤활이란 두꺼운 윤활막에 의해 두 면이 운동 중 혹은 가공 중 접촉하지 않는 윤활상태를 말한다. 이와 같은 유체막을 마찰면에 형성하기 위해서는 두 면을 강압하여 접촉시키려는 수직하중에 평형을 이루는 압력이 윤활막내에 발생되어야한다. 이런 압력은 두 면간에 적당한 틈새가 주어지게 하는 방법과 속도를 주면 발생시킬 수 있다. 압력의 발생기구를 [그림 1-37]에 나타냈다. 그림 (a)는 켜기효과라고 부르는 것으로 경사각 α 를 가진 면에 대해서 다른 면이 속도 V 로서 상대적으로 움직이면 윤활제가 끌려 들어가 틈새에 높은 압력이 발생하여 두 면은 격리된다. 그림 (b)는 신축효과라고 불리는 것으로, 운동하고 있는 평행한 두 면의 상대속도를 점차 작게 하면 면압이 발생한다. 그림 (c)는 수축막효과라고 부르는데 평행한 두 면이 어떤 속도 V 로 접근하면 사이에 끼인 윤활유의 중앙부에 높은 압력이 발생한다. 이들의 기구는 소성가공에 있어서 공구와 재료 사이에 윤활유를 공급할 때 중요한 역할을 한다.



[그림 1-37] 유체역학적인 압력의 발생기구

그 결과 경계윤활에 비해 마찰력은 현저히 감소한다. 또 두 면은 체막에 의해 완전히 격리되어서 금속끼리의 직접적인 상호작용은 거의 일어나지않고 응착이나 그로 인한 마모도 발생하지 않는다.

5) 공구와 재료사이의 윤활유가 공급되는 기구

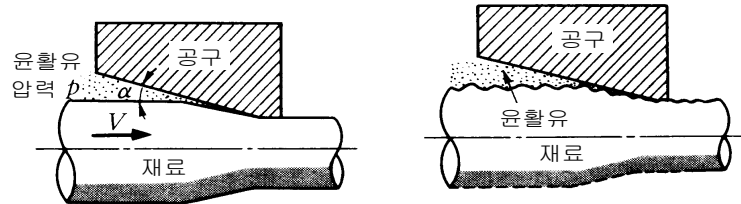
(가) 유체역학적인 압력에 의한 공급 소성가공에서 실제로 윤활유가 필요로 하는 곳은 공구와 재료(피가공재)가 마찰하고 있는 계면이다. 그러나 이 부분에 외부에서 윤활유가 직접 공급되는 것은 흔치 않고, 대부분 마찰계면의 입구부근에서 공급하거나 가공 전에 두 면간에 공급한다. 마찰계면에 공급된 윤활유량의 다소가 마찰에 큰 영향을 미친다면 마찰계면으로 윤활유를 공급하는 기구를 이해하는 것은 대단히 중요하다. 마찰계면으로 윤활유의 유체역학적인 공급 기구는 주로 켜기효과와 수축효과에 의한 것이다. 공구의 입구부근에서 켜기효과에 의해 윤활유에 높은 압력을 발생시켜 가공중의 공구와 재료 사이에 윤활유를 끌어들이는 형태는 인발가공, ironing가공, 압연 등의 마찰계면의 입구에서 볼 수 있다. [그림 1-38(a)]는 인발가공에서 마찰계면의 입구부 상태를 나타낸 것이다. 우선 재료가 속도 V 로서 경사각 α 인 입구부에 접근할 때 면압을 p 라고 한다. 도포된 윤활유는 켜기효과에 의해 압력이 높아져서 입구부에서의 압력 p 와 같게 될 때 비로소 마찰계면에 들어갈 수 있다. 이 경우 재료의 속도, 즉 가공속도가 크면 끌려 들어가는 양이 증가한다는 것은 알려져 있다.

또 마찰계면에서 압력이 낮을수록 바꾸어 말하면 가공도가 낮고 재료가 연할수록 그 위에 경사각이 작고 윤활유의 점도가 낮을수록 끌려 들어가는 윤활유의 양은 많아지게 된다. 한편 수축막 효과는 deep-drawing가공의 blank holder면이나 압축가공과 압출가공의 초기단계에서 볼 수 있다. 원주의 단면을 공구로 눌러 압축할 때 윤활유가 수축막 효과에 의해 봉입된 모양을 [그림 1-39]에 나타냈다. 그림(a)에 나타낸 것처럼 공구가 속도 V 로 원주단면에 접근하면 중앙부 부근에 압력이 발생하기 시작한다. 두 면의 거리 h 가 작아지면 압력은 크게 높아져 그림(b)와 같이 재료 표면을 변형시켜 마지막에는 그림(c)처럼 윤활유가 봉입된다. 이상과 같이 마찰계면에 윤활유가 공급되는 것은 켜기효과 혹은 수축효과인데 어느 것이 지배적인가는 가공방법에 따라 다르다. 어떻든 윤활유의 공급량이 증가한다는 것은 마찰계면에 유체윤활부가 증가함을 의미하고 마찰이나 마모를 시키는 것과 직접 연계된다.

(나) 재료표면의凹凸에 의한 공급 재료표면에는 보통 작은 요철이 있어서凹부에 고인 윤활유는 공구와 재료가 접촉할 때에 도피할 간극이 없으면 봉입된 그대로 마찰경계면으로 가지고 들어간다. 이 경우는 저점도의 윤활유를 사용하거나 가공조건에 따라 켜기효과나 수축막 효과만으로는 충분한 윤활유를 공급할 수 없을 때 효과적이다. 그림 3.6(b)는 인발가공에서 윤활유의 공급을 도시적으로 나타낸 것이다. deep-drawing가공, ironing가공, 단조가공에서도 이런 효과를 적극적으로 이용해서 마찰력은 감소시키고 있다. 재료의 표면을 거칠게 하는 데는 산에 의한 부식, shot peening 등이 사용된다.

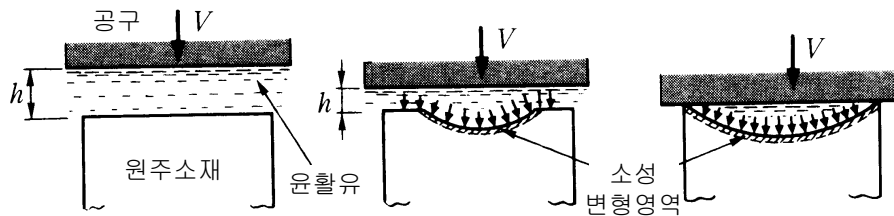
(다) 윤활유는 금속표면에 물리적 혹은 화학적으로 흡착한다. 물리적 흡착은 온도를

높인다거나 압력을 감소시키면 비교적 쉽게 분자간의 결합력이 없어져서 분리된다. 화학적 흡착은 흡착분자와 금속의 화학적으로 결합되어 결합력은 물리적 흡착에 비해 훨씬 강하다. 이런 화학적 흡착은 마찰면의 입구에서 윤활유가 갇혀 줄어드는 것에 대해 저항하여 윤활유의 공급량을 증가시키는 효과를 갖는다.



(a) 유체역학적 도입 (b) 표면凹凸에 의한 도입

[그림 1-38] 인발가공에 있어서 윤활유의 도입



(a) 공구의 접근 (b) 압력의 발생 (c) 윤활유의 봉입

[그림 1-39] 압축가공에 있어서 윤활유의 봉입

제 2 장 단조가공 개론

1. 개요 및 목적

단조는 소재의 가소성을 이용하여 가압성형 하는 공법으로 조직을 치밀하게 하여 기계적 성질을 향상시키며 단조형태에 따라 자유단조와 형단조로 나누며 가열방식에 따라 열간단조, 온간단조, 냉간단조로 구분한다. 단조용 장비로는 Hammer, Press(Crank, Hydraulic)가 대표적인 장비이며 가열로 기타 트리밍, 프레스 등 부대설비가 필요하다. 단조용 소재로는 탄소강, 합금강이 주로 사용되며 강종 별 가열조건에 따라 다양하게 단조가 가능하다. 단조품의 사용용도로는 자동차, 농기계, 방위산업, 산업기계, 항공기 등 산업 전반에 사용되고 있다.

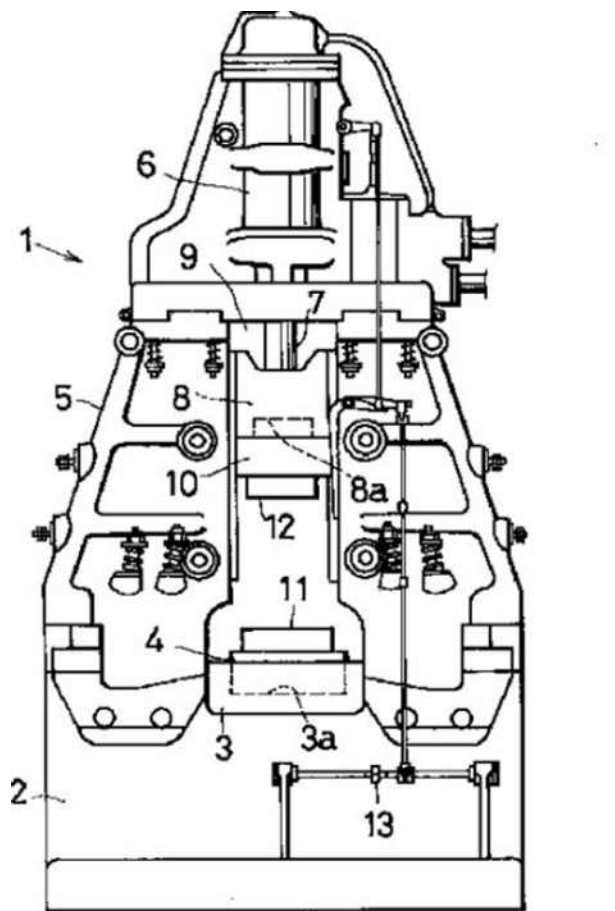
가. 단조이론

1) 단조용어 소개

- 단조(Forging)
금속에 외력을 가하여 형상을 변형시키는 성형 방법 중 소성가공에 속한다.
- 열간단조(Hot Forging)
금속의 재결정 온도 이상에서 행하는 단조로서 냉간단조에 비해 많은 양의 변형을 얻을 수 있다.
- 온간단조(Warm Forging)
금속의 재결정 온도보다 낮은 온도에서 행하는 단조로서 냉간단조보다 적은 힘으로 단조가 가능하다.
- 냉간단조(Cold Forging)
금속의 재결정 온도 이하에서 행하는 냉간 상태의 소성가공 방법.
- 가소성(Machinability)
금속이 파괴 되지 않고 영구변형할 수 있는 능력. 이에 따라 단조를 가소성을 이용한 공법이라고도 한다.
- 항온단조(Isothermal Forging)
단조작업을 하는 동안 소재와 같은 온도로 예열된 금형에서 소재의 온도를 일정하고 균일하게 하여 행하는 단조방법.
- 소성변형(Plastic deformation)
금속에 가해진 Power에 의하여 제품의 형상이 영구 변형하는 현상.
- 프레스 단조(Press Forging)
기계식 또는 유압식 프레스를 사용하여 단조작업을 행하는 단조 방법.

- 단조성(Forgeability)
단조를 하는 동안 파괴가 일어나지 않고 변형될 수 있는 금속의 상대적인 성질.
- 롤 단조(Roll Forging)
서로 반대방향으로 회전하는 한 쌍의 롤(Roll) 사이에 롤의 회전방향과 직각 방향으로 Round Bar 나 Square Bar(각재)를 통과시켜 소재의 단면적을 감소시키고 길이 방향으로 늘리는 작업.
- 공기 해머(Air Drop Hammer)
압축공기를 해머의 Air Cylinder의 상하에 공급하여 피스톤을 움직이게하여 Ram 을 상하 운동시켜 단조를 행하는 단조기계.

[그림 2-1] 각부의 명칭 중 중요부위에는 7번부가 피스톤로드, 8번부가 램이다



[그림 2-1] 공기 해머(Air Drop Hammer)

- 램(Ram)
단조 해머나 프레스에서 상형쪽에 금형이 부착되는 부분.(그림 8번부위)
- 배치로 (Bach Furnace)
모든 재료의 장입 과 추출이 하나의 문으로 이루어지는 가열로 형식.



[사진 2-1]배치로 (Bach Furnace)형식 가열로

- 업셋터(Upsetter)

상하 또는 좌우로 개폐되는 그립다이 (Grip Die)와 전후로 이동하는 HeadingTool (편치)로 구성된 단조기계



[사진 2-2] 업셋터(Upsetter) 형식 단조기계

- 앤빌(Anvil)

단조시 받침대로 사용되는 크고 무거운 금속으로 기계구조물을 지지하고 단조 해머의 고정 금형을 체결하는 부분. (그림 1의 2번부위)

- 트리밍, 금형(Trimming Mold)

단조살을 채우고난 다음의 여분의 Burr를 가리켜 Flash라고 하며, 그 Flash를 제거하는 공정을 트리밍공정, 해당 트리밍공정을 수행하는 금형을 트리밍 금형이라고 한다.



[사진 2-3] 트리밍 후 잔류 Flash와 제품

- 프래쉬(Flash)

상형과 하형사이로 밀려나오는 금속으로 형분할선을 통하여 단조후 트리밍에 의하여 절단되며 형조부로 금속재료의 흐름을 돕는다.
- 프래쉬 남음(Flash Extension)

트리밍후에 남은부분, 일반적으로 프래쉬 남음은 도면상에 표기됨.



[사진 2-4] 프래쉬 남음 (Flash Extension)

- 형할선(Parting line)

금형의 상형과 하형을 분리하는 선, 또는 면 이면으로 프래쉬가 나오며 프래쉬는 단조작업에서 아주 중요한 작용을 함.
- 경도(Hardness)

금속의 Indentation(패임)에 대한 저항을 말하며 보통 경도측정기인 브리넬(Brinell), 로크웰(Rockwell) 등의 측정으로부터 얻어지는 수치를 나타낸다.



[사진 2-5] 브리넬경도기



[사진 2-6] 로크웰경도기



[사진 2-7] 비커스경도기

- 과열(Over Heating)

금속이 극도로 높은 온도에 노출되어 나쁜 조직을 갖게 되는 것으로 과열된 금속조직은 열처리나 기계 가공에 의해 회복되지 않는다.

- 그레인 플로우(Grain Flow)

단조금형에서 금속의 성형에 의해 형성되는 섬유질과 같은 Grain Pattern을 Grain Flow라 하며 Grain Flow는 단조에 의해서 금속의 기계적 성질을 향상시킨다. 단조품이 주조품과 일반 절삭가공품에 비하여 우수한 점 중의 하나가 바로 이 Grain Flow가 있다는 것이다. 주조품은 Grain Flow가 형성되지 않으며 절삭가공품은 기계 가공에 의하여 Grain Flow가 절단되지만 단조품은 제품형상에 따라 Grain Flow가 형성된다.



[사진 2-8] 제품의 Grain Flow

- 금형 윤활(Die Lubricant)

단조작업 중 금형의 마찰력을 줄이고 금형과 단조품간의 열전도를 방지하기도 하고 이형을 좋게 하기 위하여 특정물질을 뿌리거나 바르는 작업.



[사진 2-9] 윤활제통

- 디스케일링(Descaling)

단조작업전이나 작업 중에 가열작업 시 발생한 산화철을 제거하는 작업으로 Air Wire Brush, Water Spray 등을 이용한다.

- 발구배(Draft Angle)

빠짐 기울기라고도 하며 단조품을 금형으로부터 분리하기 쉽게 단조면에 직각 방향으로 주어진 각도를 말함 보통 $1^{\circ} \sim 7^{\circ}$ 까지 주기도 한다. 주로 도면의 우측 주기란에 또는 표기란에 빼기 기울기를 표시한다.



[사진 2-10] Air Wire Brush모습

기 구 자	빠짐기울기 DRAFT ANGLE	외 측 OUT	$1^{\circ} \pm 1^{\circ}$
		내 측 IN	$0^{\circ} \pm$
	기입외 R RADIUS	모서리 CORNER	$R2 \pm$
		구 석 FILLET	$R2 \pm$
	열 처 리 HEAT TREAT	H. N (HB 137-197)	
	표 면 처 리 SURFACE TREAT	SHOT BLASTED	

[그림 2-2] 빠짐 기울기 적용예

- 수축률(Shrinkage)

열간 단조후 냉각되는 동안 금속이 수축하는 양을 말하며, 단조 금형은 수축률을 감안하여 치수 및 공차를 설정하여야 하며 통상적으로 15/1000 정도의 수축률을 적용한다.

- 응력제거처리(Stress Relief Annealing)

단조, 주조, 기계가공 등을 한 후 생기는 잔류 응력을 제거하기 위하여 적당한 온도로 적당한 시간을 유지 후 냉각하는 방법. 주로 챔축, 콘로드, 크랭크샤프트 등의 냉간코이닝후 또는 교정공정을 거친 제품은 반드시 응력 제거처리(SRA)를 해주어야 한다.

- 자분탐상검사(Magnetic particle inspection)

금속을 자화시킨 후 미세한 금속가루를 도포하여 결함부분에서 자기흐름의 변화에 의하여 금속표면의 결함을 발견해내는 비파괴 검사방법.



[사진 2-11] 비파괴 검사장비



[사진 2-12] 비파괴 검사후 Crack검출 사례

나. 단조온도¹⁾

단조를 행할 때의 소재의 온도를 단조온도라 한다. 개시부터 종료까지를 단조온도라 칭한다. 연소나 용융(1,539℃)하기 시작하는 온도에서 100℃ 이내 접근금지 해야 하며, 단조 종료온도는 재결정온도 근처가 바람직하다.(종료온도가 높으면 결정립이 조대화에 영향을 줌)

재질	최고 가열온도(℃)	단조 종료온도(℃)	재질	최고 가열온도(℃)	단조 종료온도(℃)
탄소강 강괴	1,250	850	스프링강	1200	900
합금강 강괴	*	*	공구강	1150	900
탄소강	1,300~1,100	800	망간청동	800	600
니켈강	1,200	850	니켈청동	850	700
크롬강	*	*	알루미늄청동	850	650
니켈크롬강	*	*	인청동	600	400
망간 강	*	900	모넬메탈	1150	1040
스테인레스강	1,300	*	듀라루민	550	400
고속도강	1,250	950	동	800	700
나소 강	1,250	800	황동	750~850	500~700

[그림 2-3] 재질별 단조 온도표

1) NCS 분류번호 : 작업지시 및 성형라인 구축이해 (1601030205_14v3.1)

재 질	단조온도 (°C)	용융온도 (°C)
AL1100	315~400	646~657
AL2014	420~460	507~638
AL2025	420~445	507~638
AL2218	405~445	507~638
AL2219	430~470	543~643
AL2618	410~450	543~643
AL3003	315~400	643~654
AL4032	415~460	532~571
AL5083	405~460	579~641
AL6061	405~460	582~652
AL6063	405~460	582~652
AL6151	405~460	552~649
AL7030	385~435	552~649
AL7075	385~435	479~638

[그림 2-4] 알루미늄재질별 단조 온도표

다. 단조금형²⁾

1) 단조금형의 개요

단조금형은 사용 장비 및 용도에 따라서 구분되는데, 일반적인 단조금형이라 하면 주로 낙하원리를 이용한 낙하금형을 말한다. 낙하금형이란 램에 체결되어 유압 또는 공기의 힘으로 낙하시켜 제품의 형상을 만들어 내는 것이다. 낙하금형에는 크게 해머형 금형, 프레스형 금형, 포징롤형 금형, 업세팅형 금형으로 구분할 수 있다. 다음에는 금형과 장비의 상호관계에 대하여 항목별로 설명하도록 하겠다.

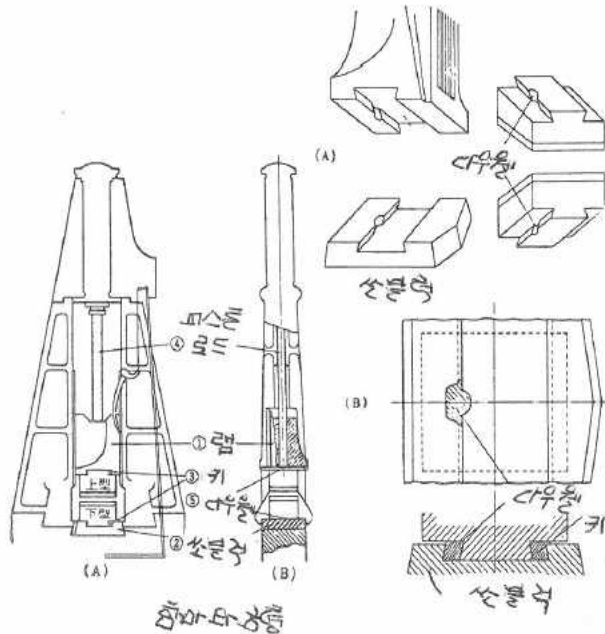
2) 해머장비와 금형

먼저 상형과 하형의 관계에 대하여 해머 장비의 구성 형태를 보면서 설명하도록 하겠다. 아래의 해머 그림을 참조 바라며 ①번은 램 ②번은 쏘블릭 ③번은 키 ④번은 피스톤로드이고 ⑤번은 다우웰이라고 한다.

상, 하형의 금형 중 상형금형은 램과 체결이 되는데 체결의 원리는 한쪽면을 기준으로 하여 반대편으로 고정용 키를 사용하는 것이다. 즉 키를 이용하여 금형을 고정하는 것이다. 키를 이용하여 금형을 좌, 우로 조정이 가능하며 상, 하형의 금형을 고정 또는 세팅시 미세 조정을 통하여 금형의 체결을 정확히 할 수 있다.

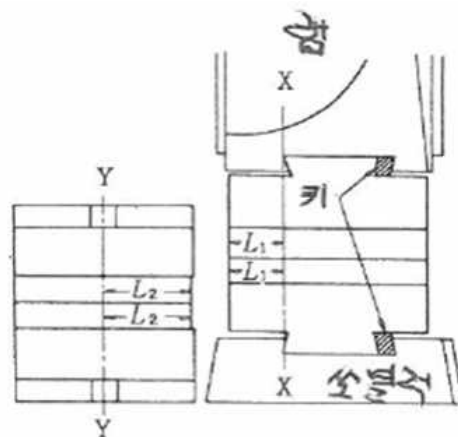
2) NCS 분류번호 : 금형상태 파악하기 (1601030205_14v3.4)

그리고 램과 상형금형의 정위치 세팅을 도와주는 역할을 그림의 ⑤번의 다우웰키이다.



[그림 2-5] 해머장비와 금형

하형을 고정시키는 역할을 하는 것으로 쏘블록 위에 하형 금형을 올리고(가운데 다우웰 키를 세팅함) 좌, 우측에 키를 체결하여 하형을 체결한다. 금형체결에는 기준면 설정이 중요한데 아래의 [그림 2-6]처럼 좌측의 X축을 기준으로 정하여 우측에 키를 체결하는 방식으로 금형을 체결하여 사용한다. 램과 쏘블록의 좌측면의 상크부는 금형가공에서 비교적 정밀하게 가공하는 부위이다. 왜냐하면 금형 세팅의 기준면이기 때문이다.



[그림 2-6] 램과 키 그리고 쏘블록

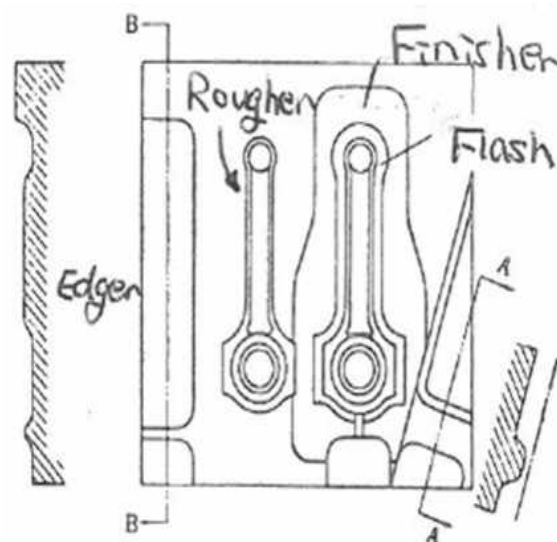


[사진 2-13] 쏘블록(Sow Block)

3) 금형의 기능별 명칭³⁾

금형은 그 형태별, 위치별로 부르는 호칭이 다르다. 보통 금형은 제품의 형태에 따라서 정타 금형만으로 구성되어 있는 형태가 있고, 황타와 정타로 구성되어 있는 형태가 있다. 황, 정타의 금형을 소개하려고 한다. 아래의 [그림7]을 참조 바란다. 금형내의 위치별 호칭은 단조의 기술을 외국으로부터 전수받아 현재까지 지속 발전해 온 결과에 따라 영어식 호칭과 일본어식 호칭이 공존하고 있는 실정이다. 여기서는 영어식으로 소개하고자 한다.

가열소재를 횡방향으로 누여 1차 타격(단조)을 하는 위치를 Edger라고 하며, 단조 성형의 2차 공정은 대략의 모양을 만든다고 하여 Blocker(황타)라고 한다. 그리고 마지막으로 완제품의 형상으로 단조를 한다고 하여 마무리의 Finisher(정타)라고 호칭한다. 정타 후에는 제품 주위로 플래시(Flash)라고 하는 부분은 트리밍(타발) 공정에서 제거한다.



[그림 2-7] 금형의 세부 명칭

3) NCS 분류번호 : 금형상태 파악하기 (1601030205_14v3.4)



[사진 2-14] 해머금형(왼쪽)과 프레스 금형(오른쪽)

4) 금형제작공정 소개4)

금형소재 준비 (사각 금형 소재의 경우)

단조제품을 설계하면 보통은 제품의 체적에 비례하여 금형소재의 치수를 결정하게 되는데 제품의 치수에 비례하여 금형의 치수가 결정된다고 할 수 있다. (금형소재 사진 참조)



[사진 2-15] 사각금형재의 경우



[사진 2-16] 원형 금형재의 경우

4) NCS 분류번호 : 금형상태 파악하기 (1601030205_14v3.4)

2. 단조의 종류 및 특징

가. 자유단조

자유단조란 금형이나 특정한 틀이나 형식에 구애 받지 않고 해머나 프레스를 사용하여 단조를 하는 방법.

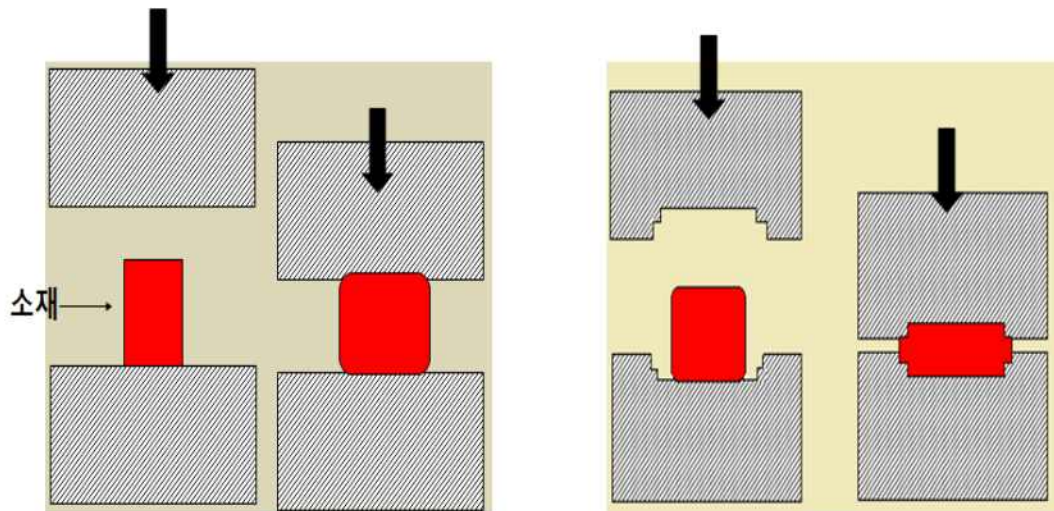


[사진 2-17] 자유단조품 샤프트



[사진 2-18] 자유단조품 크랭크

형단조와 자유단조의 원리를 아래와 같이 비교하여 볼 수 있다. 일정한 형태의 금형을 이용한 형단조와 달리 자유단조 금형은 상, 하 평면인 경우가 많다.



자유단조(Free Forging)

형 단조(Die Forging)

[그림 2-8] 형단조, 자유단조 차이

나. 형단조⁵⁾

자유단조와는 다르게 제품의 형상이 있으며, 그 형상대로 금형이 제작된다. 단조하는 방식으로 형틀(die)을 사용하여 기계 해머(hammer)로 두드리는 단조법이다. 동일 제품을 정확하게 다량 단조하는데 적당하다.



[사진 2-19] 다양한 모양의 형단조품

5) NCS 분류번호 : 단조성형공정의 이해 (1601030205_14v3.2)

다. 열간단조⁶⁾

열간단조는 재료를 재결정 온도 이상으로 가열하여 실시하는 것으로 온간단조나 냉간단조에 비하여 정밀도(精密度)는 떨어지지만 제작비가 저렴하고 단조품의 형상에 제약이 적어 일반적으로 가장 많이 사용되는 단조 방법이다.



[사진 2-20] 열간단조 작업

라. 온간단조

온간단조는 열간 단조와 냉간 단조의 중간온도에서 실시하는 단조방법이며, 정밀도(精密度)에서는 열간 단조보다 우수하고 냉간단조 보다는 떨어진다.

마. 냉간단조

냉간 단조는 재료를 가열하지 않고 상온 또는 상온에 가까운 온도에서 실시하는 단조방법으로 정밀도(精密度)에서는 변형저항이 크므로 단조용 소재는 중, 저탄소강 또는 저 합금강으로 한정되며, 대부분의 경우 형상 또한 축 대칭으로 제약을 받게 된다는 단점이 있다.

바. 롤 단조

롤단조는 서로 반대 방향으로 회전하는 한쌍의 롤(Roll) 사이에 롤의 회전 방향과 직각 방향으로 환봉(Round Bar)이나 각재(Square Bar)를 통과시켜 소재의 단면적을 감

6) NCS 분류번호 : 단조성형 공정의 이해 (1601030205_14v3.2)

소시키고, 길이방향으로 인발하는 작업이다. 롤 금형은 보통 한개 또는 수개의 그루브(Groove)를 갖게 된다. 롤단조는 자동차의 프론트액슬(Front Axle)과 같이 긴 제품, 연결봉과 같이 길이 방향으로 각 단면의 체적 변화가 심한 제품의 단조를 위한 예비 단조품(황지)의 체적 배분용으로 많이 사용되며, 리어액슬샤프트의 축부 인발용으로 사용되기도 한다.

사. 링 롤단조

링 롤링은 Main Roll, Rolling Mandrel과 상하 각 하나의 Ade Roll로 구성된 단조기계로서 링(Ring) 형상의 황지를 가압하여 링의 직경을 키워 원하는 형상을 만드는 작업을 말한다. 작업공정은 먼저 소재를 절단하고 이를 가열하여 해머나 프레스에서 업세팅(Upssetting) 하고 내경 펀칭(Punching)하여 황지를 제작한다. 다음 이를 링 롤링 기계에서 원하는 형상으로 직경을 키우는 작업을 한다. 이 밖에도 크로스롤링, 분말 단조, 용탕 단조, 요동 단조 등 여러 가지 단조 방법이 있다.



[사진 2-21] 링 롤 단조 작업

3. 단조용 설비⁷⁾

단조작업을 하려면 단조용 설비가 필요한데 원리와 기능에 따라 구분할 수 있다. 대표적 단조설비에는 해머, 프레스, 업셋터, 회전단조기 등이 있다. 차례대로 살펴보기로 한다.

가. 단조용 해머

1) 에어드롭 해머(Air Drop Hammer)

공기의 압력을 이용하여 피스톤로드와 램을 구동시켜서 상, 하 왕복운동을 하는 원리의 단조 설비임.

7) NCS 분류번호 : 설비에 대한 이해 (1601030205_14v3.5)



[사진 2-22] 에어드롭해머(좌) 유압해머(우)

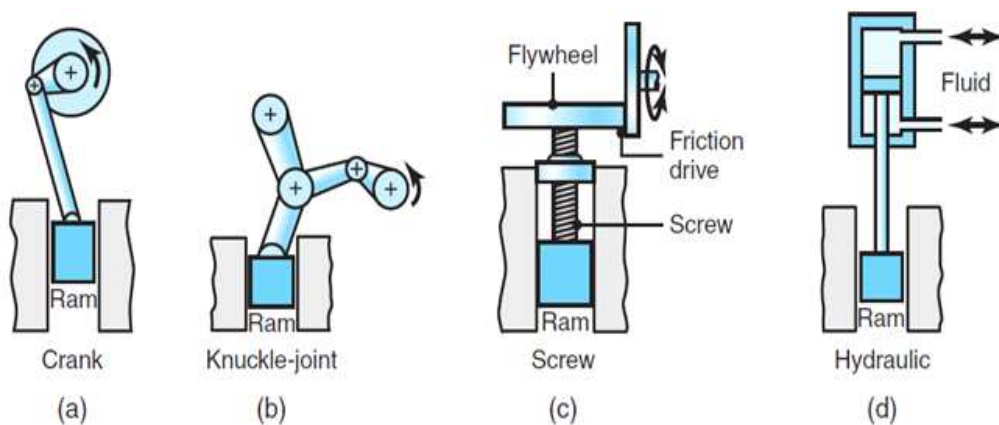
2) 유압해머(Hydraulic Hammer)

유압의 압력을 이용하여 피스톤로드와 램을 구동시켜서 상, 하 왕복운동을 하는 원리의 단조설비임.

나. 단조용 프레스

1) 크랭크 프레스

가장 많이 사용되는 프레스이며, 크랭크축에 램이 연결봉을 통해서 장치되어 있고, 크랭크축의 회전에 의해서 램이 오르내린다.



[그림 2-9] 단조용 프레스의 원리도

2) 너클 프레스

토글(toggle) 기구에 있어서, 슬라이드로 일정 행정을 주도록 한 프레스 기계로 토글(toggle) 프레스라고도 한다. 슬라이드(slide) 행정의 최하점 가까이에서는 같은 상태의 크랭크 프레스에 비해 가압력을 크게 할 수 있다.(b)

3) 스크류 프레스, 유압프레스

플라이휠의 마찰을 이용하여 상, 하운동하는 스크류타입(c)과 유압의 힘을 이용하여 단조작업을 하는 유압프레스가 있다.(d)

다. 단조용 업셋터

비대칭 제품과 국부적으로 형상이 필요한 제품을 주로 제작하며 따라서 선단 가열로와 같이 일부분만 가열한 소재를 단조하는 장비.



[사진 2-23] 단조용 업셋터

4. 단조용 부대설비

가. 절단기

1) Band Saw

띠톱을 회전시켜서 소재를 절단하는 설비로 일반적으로 가장 많이 사용하는 설비로, 소형, 대형소재의 절단이 가능하다.



[사진 2-24] 밴드쏘(Band Saw)절단기

2) 고속절단기

원형 톱 절단기는 환봉소재의 외경 $\varnothing 100$ 이하 소재를 주로 절단하며 절단면이 매끈하고 깨끗하여 정밀단조품 또는 밀폐형 단조품의 절단에 사용된다.



[사진 2-25] 고속절단기

3) 샤링 절단기

절단금형을 이용하여 예열된 원재료(가열온도 $120^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$)를 절단하는 장비. 원재료를 예열하는 것은 금형에 무리가 가지 않도록 하는 것과 절단면에 크랙이 발생하지 않도록 하는데 목적이 있다.



[사진 2-26 샤링절단기]

나. 트리밍프레스

단조설비로 형단조 후 Flash(Burr)를 제거하는 설비로 타발 프레스 또는 트리밍 프레스라고 한다. 프레스 용량은 주로 200톤~500톤 용량의 프레스를 사용한다.



[사진 2-27] 트리밍프레스

다. 교정기

단조후 변형이 발생하면 해당제품을 국부적 또는 전체적으로 프레싱을 하여 제품을 원하는 형상으로 수정하여 원래대로 되돌리는 기계임.



[사진 2-28] 크랭크식 교정기>



[사진 2-29] 유압식 교정기

- 1) 크랭크식 교정기는 일반적인 프레스와 같으나 제품의 교정을 목적으로 별도의 금형을 제작하여 코이닝/교정을 하는데 사용한다. 모터의 동력과 크랭크의 전력을 이용하여 큰 힘을 낼 수 있는 장점이 있다.
- 2) 유압식 교정기는 전기모터 유압력을 이용하여 작업자의 감각으로 제품을 누르는데 사용한다. 즉 오른손으로 조정간을 잡고 제품을 회전시키면 교정하는 수정작업에 적합한 형태이다.

5. 단조용 가열로

가. 가열방법에 의한 구분

1) 전기유도가열 방식

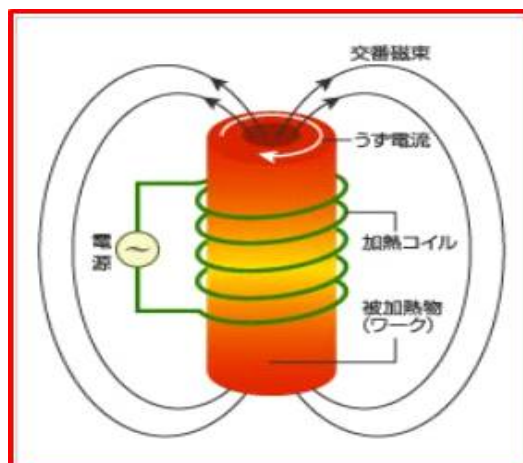
가열방법은 전기를 사용하는 방법과 가스 또는 기름을 사용하는 방법으로 나누는데, 어떠한 방법을 사용해도 무관하나 가열시 발생하는 여러 문제 특히 과도한 스케일, 탈탄, 과열 등이 발생하지 않도록 관리를 해야 한다. 가열로중 전기로 가열로와 LNG가열로를 소개한다. 아래는 전기유도 가열로로 절단재가 코일 안에서 가열되는 원리이다.



[사진 2-30] 고주파전기 유도가열로

(가) 전기유도가열로의 원리

전자기 유도를 이용해 가열하는 방법으로 고주파 유도가열, 전자 유도가열이라고도 한다. 교류전원에 접속된 코일에 전류를 흘려보내면 그 주위에는 자력선이 발생한다. 코일 속 혹은 그 근처에 전기를 통과하는 금속을 두면 금속 내에는 자속의 변화를 막는 방향으로 ‘소용돌이 전류’가 흐르게 된다. 금속에는 전기저항이 있어 “전력=전류 $2 \times$ 저항”에 해당하는 열이 발생하고 금속이 가열되는 원리이다. 이 현상을 유도 가열이라고 한다.



[그림 2-10] 고주파가열 원리



[사진 2-31] 고주파 가열로 입구

게재한 사진은 고주파전기유도 가열로⁸⁾에 소재가 장입되는 사진으로, 환봉소재 또는 사각소재 모두 가능하다. 가열로의 내부코일의 형태를 원형, 또는 사각형으로 제작하면 가능하다.



[사진 2-32] 고주파유도가열로의 출구 모습

8) NCS 분류번호 : 단조 성형공정의 이해 (금형상태 파악하기,1601030205_14v3.2)

(나) 배치로타입 가열로

LNG가스 가열방식

가열원을 전기가 아닌 LNG가스를 이용하여 Batch방식으로 소재를 가열하는 방식이다. 원자재 또는 황타제품, 형상이 큰 소재를 가열할 때 주로 사용한다.



[사진 2-33] 배치로타입 가열로

소재의 장입과 꺼내기의 방법은 지게차를 이용하는 방법과 사람의 손으로 꺼내는 방법이 있다. 지게차에 적합한 치구를 이용하여 안전하고 효과적인 작업을 할 수 있다.



[사진 2-34] 배치로에서 소재를 꺼내는 모습

배치로형식 가열로의 열관리는 PLC를 이용하여 온도를 제어한다. 온도 관리 방식에는 가열세팅온도와 로내온도로 관리를 하게 된다. PLC중앙제어 장치와 보조 온도계를 사용하여 온도편차를 관리하는 방식으로 사용한다.



[사진 2-35] PLC 관리제어 중앙장치

나. 적합한 가열온도

탄소강재와 합금강재 등에 대한 가열온도 관리와 비철계 소재에 대한 가열온도 관리기준이 다르므로 아래의 표를 참조 바란다.

단조 온도 적용					
재질	최고가열온도 (°C)	단조종료온도 (°C)	재질	최고가열온도 (°C)	단조종료온도 (°C)
탄소강강괴	1,250	850	스프링강	1200	900
합금강강괴	*	*	공구강	1150	900
탄소강	1,300~1,100	800	망간청동	800	600
니켈강	1,200	850	니켈청동	850	700
크롬강	*	*	알루미늄청동	850	650
니켈크롬강	*	*	인청동	600	400
망간강	*	900	모넬메탈	1150	1040
스테인레스강	1,300	*	듀라루민	550	400
고속도강	1,250	950	동	800	700
나소강	1,250	800	황동	750~850	500~700

1. 단조를 행할 때의 소재의 온도를 단조온도라 한다. 개시부터 종료까지를 단조 온도라 칭한다.
2. 연소나 용융하기 시작하는 온도에서 100°C 이내 접근금지.
3. 단조 종료온도는 재결정온도 가까이가 바람직함.(종료온도가 높으면 조직의 조대화 영향을 줌)



재 질	단조온도(℃)	용융온도(℃)
1,100	315~400	646~657
2,014	420~460	507~638
2,025	420~445	507~638
2,218	405~445	507~638
2,219	430~470	543~643
2,618	410~450	543~643
3,003	315~400	643~654
4,032	415~460	532~571
5,083	405~460	579~641
6,061	405~460	582~652
6,063	405~460	582~652
6,151	405~460	552~649
7,030	385~435	552~649
7,075	385~435	479~638

[그림 2-11] 소재 재질별 가열온도

6. 단조용 재료의 종류와 특성⁹⁾

가. 작업조건별 원자재 특성

단조에 사용되는 원재료는 단조의 성형에 유리한 여러 가지 조건을 갖추고 있어야 한다. 그중에 특히 성형이 용이한 성형성과 가소성이 있어야 함은 물론 원재료 내부에 결함이 없어야 한다. 원재료 중 초음파 검사를 통하여 편석, 수축공, 비금속 개재물 과다 함유 등 내질검사를 하여야 하며 표면 스크래치 손상 등의 결함이 있는 원재료는 사용하지 않아야 한다, 만약 결함 있는 원재료를 그대로 사용 시에는 제품에 치명적인 결함을 유발시켜 큰 불량률의 원인이 된다. 또한 단조품은 기계 장치의 주요부품으로 사용되므로 기계적 성질이나 물리적 성질을 충족해야 하기 때문에 비교적 엄격한 품질관리가 필요하다. 대형 자유단조품의 경우에는 결함이 있는 강괴를 그대로 사용하여 결함 부위가 제품에 내재하여 대형 클레임의 원인이 된 사례도 있다. 원재료는 제강공정부터 철저히 품질관리가 이루어져야 하며 Fool-Proof 설비가 완비된 공장에서 생산되어야 하며, 비교적 국내외 제강업체 중 품질을 인정받은 회사에서 생산, 관리되고 있는 원재료를 사용해야 한다.

9) NCS 분류번호 : 작업지시 및 성형라인 구축이해 (1601030205_14v3.1)

나. 기계구조용 탄소강재 소개

1) 적용범위 제철소의 고로 타입이나 전기로 에서 생산되는 전기로 타입의 기계구조용 탄소강재는 탄소 함량에 따라 저탄소강과 고탄소강으로 구분하며, 기본적인 탄소강에 특수합금을 첨가하여 각종 기계적 성질을 향상 시킬 수 있는 합금강을 생산하는 방식으로 원재료를 생산, 제조 하고 있다. 각종 원재료의 종류에 대하여 살펴보겠다.

2) 강의 기호와 화학성분

열간압연 또는 열간단조에 의하여 제조된 것으로, 보통 다시 단조, 절삭 등의 가공과 열처리를 하여 사용하는 기계구조용 탄소강재에 대하여 정의를 하고 있다. 강재의 종류는 총 23종류이며 그중 SM9CK, SM15CK, SM20CK의 3종류는 침탄용에 사용하며, 강재는 킬드 강괴로부터 제조한다. 또한 강재는 강괴로부터 단련비 4S이상 에 해당하는 압연 또는 단조를 하여 제조하여야 한다.

[표 2-1] 강재의 특성과 기준

기호	화학성분 (단위 : %)				
	C	Si	Mn	P	S
SM 10C	0.08~0.13	0.15~0.35	0.30~0.60	0.030이하	0.035이하
SM 20C	0.18~0.23	0.15~0.35	0.30~0.60	0.030이하	0.035이하
SM 30C	0.27~0.33	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030이하	0.035이하
SM 45C	0.42~0.48	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030이하	0.035이하
SM 53C	0.50~0.56	0.15~0.35	0.60~0.90	0.030이하	0.035이하
<p>비고 1 Cr은 0.20%를 넘어서는 안 된다. 다만, 주문자와 제조자 사이의 협의에 따라 0.30% 미만으로 하여도 좋다.</p> <p>비고 2 SM 9CK, SM 15CK 및 SM 20CK는 불순물로서 Cu는 0.25%를, Ni는 0.20%를, Ni+Cr은 0.30%를, 기타 종류는 불순물로서 Cu는 0.30%를, Ni%를, Ni+Cr은 0.35%를 넘어서는 안 된다. 다만, 주문자와 제조자 사이의 협의에 따라 Ni+Cr의 상한은 SM 9CK, SM 15CK 및 SM 20CK는 0.40%미만, 기타 종류는 0.45% 미만으로 하여도 좋다.</p> <p>비고 3 주문자의 요구에 따라 강재의 제품분석을 하는 경우, 시험에 대한 변동 값은 KS 표준에 따른다.</p>					

기호	주요화학생분		기계적 성질				
	C	Mn	열처리	항복점 kgf/mm ² (N/mm ²)	인장강도 kgf/mm ² (N/mm ²)	신율 (%)	경도 (HB)
S10C	0.08~0.13	0.30~0.60	N	21이상 (206)이상	32이상 (314)이상	33이상	109~156
			A	-	-	-	109~149
S20C	0.18~0.23	0.30~0.60	A	-	-	-	114~153
			H	40이상 (392)이상	55이상 (539)이상	19이상	159~241
S30C	0.27~0.33	0.60~0.90	N	29이상 (284)이상	48이상 (471)이상	25이상	137~197
			A	-	-	-	126~156
			H	34이상 (33)이상	55이상 (539)이상	23이상	152~212

항 목	모양 및 치수의 허용차	
지름 또는 맞변거리의 허용차	±1.5% 다만, 최소값 0.4mm로 한다.	
변지름차 또는 편차	지름 또는 맞변거리의 치수 허용차 범위의 70% 이하로 한다.	
길이의 허용차	길이 7m이하	+40 0 mm
	길이 7m를 넘는 것	길이 1m 또는 그 끝수를 늘릴 때마다 상기의 플러스쪽 허용차에 5mm를 더한다. 마이너스쪽 허용차는 0mm로 한다.
모서리의 둥글기(R)	일반적으로 맞변거리의 10~20%로 한다.	
비틀림	실용 범위 내로 한다.	
힘	1m당 3mm 이하로 하고, 전체길이에 대해서는 3mm×길이(m)/1m 이하로 한다.	
변지름차란 단면이 원형인 강재의 동일 단면에서의 지름의 최대값과 최소값의 차를 말한다. 편차란 각재의 동일 단면에서의 맞변거리의 최대값과 최소값의 차를 말한다.		

다. 기계구조용 합금강재 소개

1) 적용범위

본 규격은 열간압연, 열간 단조 등 열간가공에 의하여 만들어진 것으로서 보통 다시 단조, 냉간, 인발 등의 후 가공을 한 후 담금질, 뜨임, 소둔침탄담금질 등의 열처리를 하여, 주로 기계구조용 합금강재에 대하여 적용한다.

2) 강의 종류와 기호

강의 종류는 별도의 기호보다는 보통 탄소의 함유량에 따른다. 열간압연 봉강 및 선재의 겉모양은 다듬질이 양호하고 사용상 해로운 흠이 없어야 한다. 다만 코일상태로 공급되는 선재는 일반적인 검사에 의해 전체 길이에 걸친 흠의 검출은 주문자와 제조자의 협의에 따른다.

3) 기계구조용 합금강재의 화학성분 조성은 각 합금강별 성분 조성을 규격별로 구분되어 있으며 현재 국내의 합금강의 종류를 나타낸다.

라. 원자재의 입고 및 보관

- 1) 원자재는 제일 중요한 단조요소로서 입고 때부터 관리가 필요하다. 원자재의 선정과 기준 및 특성은 위에서 언급한 내용과 같고, 이하 자료에서는 간략하게 원자재의 입고부터 보관 관리 요령에 대하여 언급하기로 하겠다.



[사진 2-36] 원자재 운반, 하차 모습

2) 원자재 보관

입고된 원자재는 재질별 특징별로 구분하여 보관하는 방법이 효과적이며, 크게 두 가지로 합금강과 탄소강을 구분하고 재질별로 구분하여 관리하고 있다.



[사진 2-37] 원자재 창고 모습

3) 원자재의 정보

원자재의 측면에는 공급자의 식별표시 즉 Tag가 붙어 있으며, 원자재의 여러 정보가 표시되어 있는데, 환봉의 직경, 원자재의 성분 표시, 공급사의 Bar Code 등이다.



[사진 2-38] 원자재 측면의 태그 모습



[사진 2-39] 원자재 태그 정보

7. 단조용 금형재료¹⁰⁾

열간단조의 특성상 고온(가열온도 1,150℃~1,250℃)에서 작업이 이루어져야 하므로 금형소재는 열에 잘 견뎌야 하며 강하고 기계적 성질이 우수한 재료로 제작한다. 특히 인발, 블랭킹, 압출, 굽힘, 단련, 단조 등의 가공을 하기 위해서 사용하는 가공용 강으로는 SKD61종 소재를 주로 사용한다.

열간용과 냉간용이 있으며, 열간용은 단조용이 많으며, 냉간용은 블랭킹이나 굽힘 용도에 많이 사용하는데, 온도에 있어서 경도와 인성이 크고 내마모성, 내열성이 큰 소재를 사용한다.

냉간단조의 특성상 금속의 재결정 온도 이하에서 행하는 냉간성형 방법으로 극히 높은 가공압력을 받기 때문에 파손, 마모에 견딜 수 있는 소재가 아니면 안 된다. 적절한 소재의 선정, 합리적인 금형의 설계, 제작이 무엇보다도 중요한데, PUNCH, DIES, KNOCK, OUT에는 고속도강이나 금형용강이 쓰여지나 일부 초경합금을 쓰는 경우도 있다. 또 금형의 표면에 각종 코팅을 하여 그 수명을 늘리는 방법도 있다.

8. 금형설계시 고려할 사항¹¹⁾

가. 금형설계 개요

단조 설계자는 알고 있는 지식과 Grain Flow특성, 단조장비의 능력 및 특성 금형재의 특성, 금형 제작장비 및 방법, 소재준비, 단조기술, 금형의 윤활처리 등 경험에서의 Know-How로 금형을 설계한다. 물론 설계자는 요구하는 형상의 제품을 만들기 위하여 가장 효과적으로 금형을 제작할 수 있도록 금형을 설계해야 하며, 최고의 응력에서 최상의 내구력을 가질 수 있도록 Grain Flow 가진 제품이 되도록 설계해야 한다. 대부분 초기단계의 작업이 Grain Flow를 좌우하게 되므로 브로카 등과 같은 초기단계의 Impression의 설계가 아주 중요하다. 작고 복잡하지 않은 단조품의 경우에는 브로카와 같은 예비 Impression을 피니셔와 같이 하나의 금형에 제작할 수도 있지만 크고 복잡한 단조품의 경우에는 두 개 이상 별도의 금형을 제작해야 할 경우도 있다. 이런 경우 두 개 이상 별도의 장비를 필요로 하기도 하고 단조공정 간에 별도의 가열공정이 필요하게 되기도 한다.

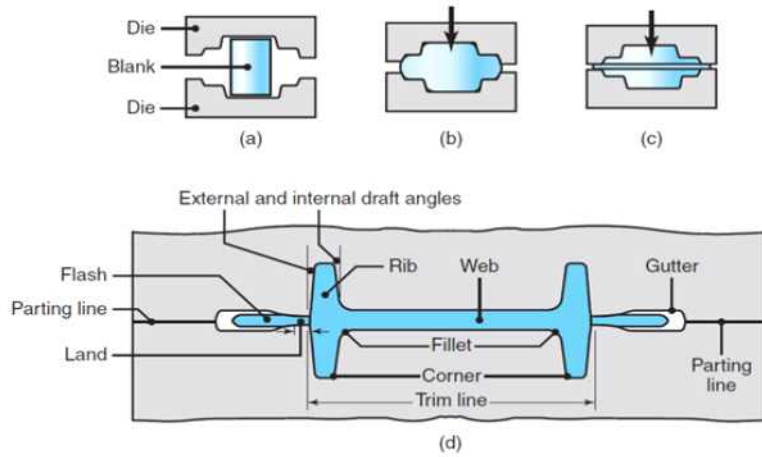
나. 형분할선이란?

- 1) 금형은 보통 상금형과 하금형으로 이루어진다. 즉 1세트로 제작되고 단조가 된다는 의미이다. 따라서 상금형과 하금형의 사이에는 금형의 분할선(Parting Line)이 생기는

10) NCS 분류번호 : 금형상태 파악하기 (1601030205_14v3.4)

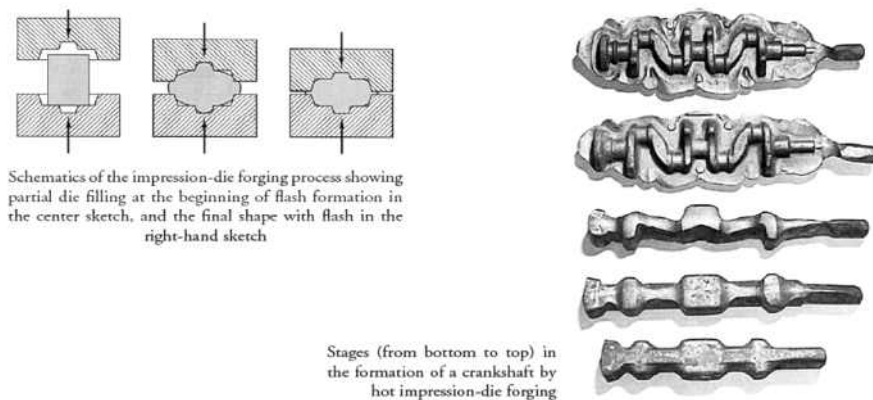
11) NCS 분류번호 : 금형상태 파악하기 (1601030205_14v3.4)

데 원리는 다음과 같다.



[그림 2-12] 단조금형과 Flash발생 원리

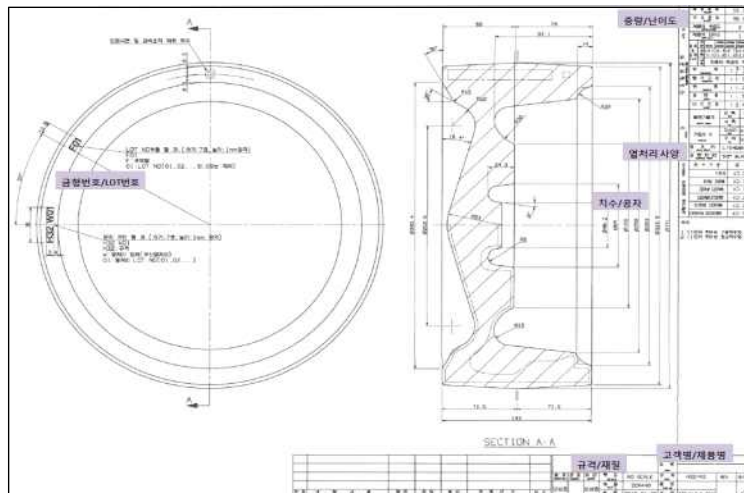
2) 즉 금형의 Parting Line이 생기는데, 그곳으로 채워진 소재의 Flash Burr가 빠져나오는 원리이다. Flash설계에 유의해야 할 사항은 설계가 부적합할 경우에는 제품의 하자 즉 부적합품이 발생한다는 것이다. 제품의 겹침이 발생하거나 결육으로 제품을 폐기하는 사례가 발생할 수 있다.



[사진 2-40] 형단조 제품의 Flash발생도

다. 제품 빠짐구배

상, 하 금형의 설계시 제품이 금형에서 빠져나올 수 있게 설계를 하는데, 보통 3도의 기울기를 빠짐 구배로 하고 있다.



[그림 2-13] 설계시 도면 빠짐구배

라. 황타 형상

단조금형을 설계할 때 황, 정타를 설계하게 된다. 황타의 의미와 정타의 의미를 먼저 살펴보겠다. 본제품의 형상을 100으로 설정하면 황타금형은 본 형상의 70%~80%의 형상을 갖추는 형태로 금형을 설계한다.



[사진 2-41] 금형의 황, 정타 형상

9. 재료절단 공정

가. 재료절단 방법과 장비¹²⁾


1) 원자재 선정 : 규정된 원자재(재질, 외경)를 선정한다.



[사진 2-42] 원자재 선정

2) 원재료 절단작업 : 사용전 원자재의 해당 Mill Sheet와 외경 등, 치수 검사를 통하여 합격된 원자재를 사용한다. 원자재 절단 수행근거는 다음 표준에 따른다.

관리번호	공정명	작업표준서		적용 장비	결재	작성	검토	승인
HJ-P-01	절단작업			BAND/S, 고속절단기 절단사양기				



NO	작업순서
1	작업지시서에 의거하여 소재의 재질/외경/HEAT NO를 확인한다
2	소재를 작업거치대위에 SETTING 한다
3	절단길이/중량을 확인후 절단작업 실시한다
4	초물절단후 중량을 측정하고 작업지시서에 기재한다
5	절단재 측면의 직각도/휨등의 외관을 육안 검사한다
6	절단작업 종료후 소재박스에 공정이동표를 작성후 부착한다
7	절단소재 대기장소에서 보관 또는 해당 공정으로 이동한다
* 작업시주의사항	
1. 소재의 결함/변형/크랙등이 발견시 즉시 반장 또는 상급자에게 보고한다	

품질관리	NO	관리항목	관리기준	검사방법	관리주기	개정 이력	NO	제.개정일	개정내용	확인
	1	소재변형	변형없을것	육안	작업시		1	11.09.08	신규작성	이태용
	2	외관결함	양호할것	육안	작업시					
	3	절단면상태	양호할것	육안	작업시					
	4	END BAR 식별	색상으로 관리할것	육안	작업시					

[그림 2-14] 원자재 절단표준

12) NCS 분류번호 : 작업지시 및 성형라인 구축이해 (1601030205_14v3.1)

- 3) 절단원자재 검증작업 : 절단원자재는 적합하게 작업이 되었는지 중량과 길이, 직각도를 검사하여 확인하여야 하며, 전자저울과 다이얼캘리퍼스를 사용 한다.



[사진 2-43] 절단자재 검사기

- 4) 또한 절단중량은 5kg 이내일 경우에는 전자저울을 사용하고, 그 이상의 중량일 경우에는 아날로그 저울을 사용한다. 절단 길이와 중량의 실제측정 결과는 해당 작업 일보에 기재하여 보관한다.



[사진 2-44] 절단소재 측정용 전자저울

- 5) 절단재 관리공정

절단 원자재를 전용 파레트에 적재한 후 식별표시를 부착한다. 식별표시에는 고객명과 재질, 중량 등의 정보가 바코드 시스템에 의거하여 관리되도록 한다.



[사진 2-45] 절단재 파레트

나. 절단장비¹³⁾

원재료를 절단하는 방법에는 크게 3종류의 방법을 사용하고 있으며, 그 중 대표적인 방법에 대하여 장비 사진을 곁들여 소개한다. 먼저 톱절단(Band Saw) 방법을 소개 하면, 먼저 절단하고자 하는 소재를 절단 톱에 올려 절단 사이즈를 PLC를 통하여 입력하고 스위치를 누름으로써 절단이 시작되는 공정으로 비교적 간단한 방법이다. 해당 장비의 운전 사진을 첨부하였다.

1) 밴드쏘(Band Saw)

가장 일반적으로 널리 사용되는 형식으로 경제적이며, 실용적이다. 환봉과 사각재 절단이 가능하며 자동길이 조절장치도 가능하다.



[사진 2-46] 밴드쏘 절단기

13) NCS 분류번호 : 설비관리에 대한 이해 (1601030205_14v3.5)

2) 원형톱 절단기(고속절단기)

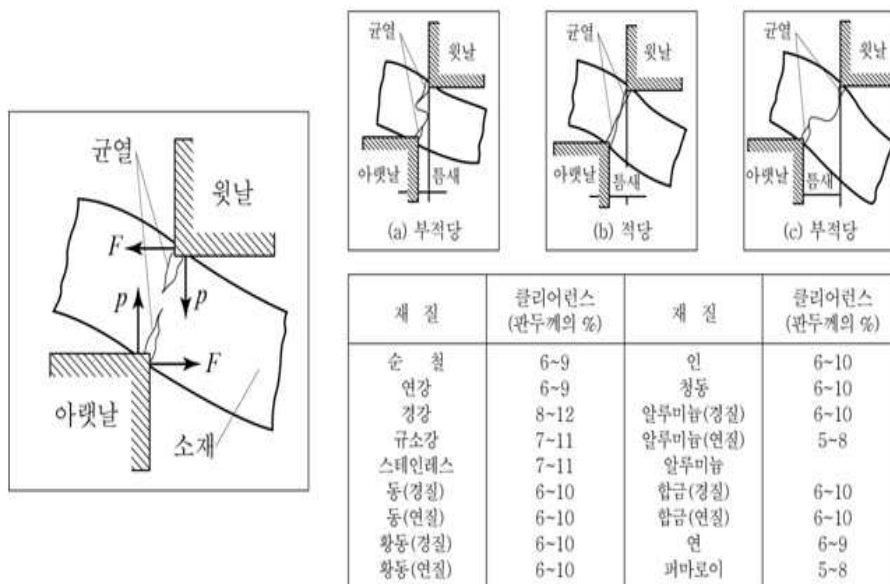
원형 톱 절단기는 환봉소재의 외경 $\varnothing 100$ 이하 소재를 주로 절단하며 절단면이 매끈하고 깨끗하여 정밀단조품 또는 밀폐형 단조품의 절단에 사용된다. 아래의 사진은 샤링 절단기로서 절단금형을 이용하여 예열된 원재료(가열온도 $120^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$)를 절단하는 장비다. 원재료를 예열하는 것은 금형에 무리가 가지 않도록 하는 것과 절단면의 크랙이 발생하지 않도록 하는데 목적이 있다.

3) 전단절단기

샤링 절단기 또는 전단 절단기라고도 부르는 절단기는 상, 하 절단 금형을 이용하여 소재를 강제로 절단하는 원리이다. 절단금형에서 클리어런스라고 하는 것은 펀치와 다이간의 간격을 말한다. 펀치의 하강과 함께 균열이 시작되고 펀치 및 금형 양쪽에서 발달하여 상하에서 만나 절단은 완료 된다. 따라서 절단재료의 재질과 판 두께에 대하여 펀치와 다이의 극간을 적당히 취하면 상하의 균형이 잘 맞아 최소의 저항으로 절단이 행하여진다. 클리어런스가 크든가 작든가에 따라 절단면 형상은 여러가지로 변하므로 적당한 재질에 맞는 클리어런스를 선정해야 한다.

(가) 클리어런스의 결정

클리어런스는 펀치에 줄 것인가 다이에 줄 것인가가 문제인데 원칙적으로 전단된 제품은 다이치수와 동일하게 되고 전단된 구멍치수는 펀치치수와 동일하다고 볼 수 있다. 사진의 펀치와 다이는 1세트로 구성되어있으며 하형은 밀폐형이며 상형은 오픈타입으로 제작되어 있다. 절단하고자 하는 원재료의 재질과 외경에 따라서 클리어런스를 결정 할 수 있다.



[그림 2-15] 전단절단기 틈새관리



[사진 2-47] 전단절단기의 금형

(나) 다음은 클리어런스의 값을 얼마로 결정할 것인가가 문제이다. 클리어런스의 값은 피 가공재료의 재질과 두께 그리고 제품의 정밀도, 형상 등에 따라 결정되어야 하나 일반적인 경우는 피 원재료재의 재질에 따라 달라지며 피 원재료 두께의 몇 %로 결정한다. 예를 들면 연강의 경우 일반 전단을 한다면 두께의 5~10%를 선정하여(피 원재료 두께에 대해) 결정한다. 이때 연강 판의 두께가 1mm라고 하면 클리어런스 0.05~0.1mm가 된다.

10. 자유단조¹⁴⁾

가. 자유단조 개요

자유단조란 소재를 2개의 평면 금형사이에 올려놓고 자유롭게 성형하는 것으로 특별한 금형을 사용하는 형단조와 구분된다.

- 자유단조는 금형에 의한 제약을 받지 않으므로 성형에 필요한 에너지가 형단조에 비하여 적게 소요된다.
- 선박엔진의 대형축 등 금형을 사용할 수 없는 대형 단조품에 적합하며 별도의 금형이 필요하지 않으므로 소형 제품의 경우나 수량이 많지 않은 경우에 적합한 단조 방법이다.
- 그러나 형단조에 비하여 작업 속도가 느리고, 정밀도가 낮아 후 공정에서 절삭가공시 많은 시간과 비용이 소요된다.

14) NCS 분류번호 : 작업지시 및 성형라인 구축이해 (1601030205_14v3.1)

나. 자유단조의 목적

고체인 금속재료를 해머 등으로 두들기거나 가압하는 기계적 방법으로 일정한 모양으로 만드는 조작방법이다. 금형이 필요 없으며, 옛날부터 단조는 모루(anvil)라는 밀받침 위에 소재를 놓고, 쇠로 만든 가위 모양의 집게로 소재를 잡고 손에 쥔 해머로 두들기는 방법이 사용되었다. 그러나 오늘날에는 증기 해머 등 큰 장치를 사용하여 해머와 받침 사이에 소재를 놓고 작업을 한다.

다. 자유단조 설비

자유단조를 하기위해서는 해머, 프레스, 배치가열로, 그리고 각종 치구들이 필요하다. 해머에는 용량별로 3/4톤, 1/2톤, 1톤부터 3톤 이상까지 사용되고 있으며, 프레스 또한 2,000톤에서 1만 톤까지의 대형 프레스도 활용되고 있다.



[사진 2-48] 자유단조용 해머



[사진 2-49] 자유단조용 프레스

라. 자유단조품의 종류

해머나 프레스를 사용하여 자유단조 공정을 거쳐 생산하는 제품은 대형 크랭크나 샤프트를 주로 생산한다.



[사진 2-50] 자유단조품 크랭크와 샤프트의 모습

마. 자유단조를 응용한 기타단조

자유단조의 공정을 거치면서 간이금형을 이용하는 단조의 사례도 있는데 자유단조는 오픈타입의 단조를 뜻한다. 보통 프레스를 사용하며 가열 소재를 평면의 금형을 이용하여 소재를 늘리거나 굽혀서 고객이 원하는 모양으로 제작하는 단조방식이다. 앞서 설명한 내용 중 단조의 모든 공정은 동일하나 단, 규격화된 금형이 없을 뿐이다. 소량의 제품 또는 형단조로 불가능한 대형의 제품에 대하여 자유단조를 실시한다. 다음 그림은 자유단조와 형단조의 차이를 잘 보여 준다.



[사진 2-51] 자유단조를 응용한 단조공법

자유단조작업에는 여러 가지 치구를 사용하는데 대부분 수작업으로 이루어지므로 제품을 집을 수 있는 집게와 편치, 그리고 피어싱 치구들이 사용된다. 간단하게 치구의 사진을 소개한다.



[사진 2-52] 열간 제품을 잡을 수 있는 집게



[사진 2-53] 예비단조 후 중앙에 홀을 낼 수 있는 편치

가열소재(1,200℃)는 사람의 손으로 취급이 어려우므로 아래의 사진과 같은 길이가 긴 장삽이라는 치구를 사용한다. 지게차에 장착하여 사용하며 포크와 같은 부위에 피어싱 소재를 끼워서 이동하게 된다.



[사진 2-54] 가열소재를 취급할 수 있는 장삽



[사진 2-55] 예비단조 후 피어싱시 보조 다이

자유단조품의 간이금형 이용 제품류에 대한 제품중 비트류(굴착용)에 대한 제품사진을 추가로 소개한다.



[사진 2-56] 자유단조품 지그, 크랭크

□ 자유단조 공정 실제 단조 모습

자유단조와 링롤공정으로 생산된 모습을 볼 수 있다. 프리포밍 시의 해머를 이용하여 예비단조하는 모습과 중량물의 경우 지게차에 보조 장치를 부착하여 중량물을 회전시키면서 단조 하는 공정으로 제품을 생산하고 있다.



Forging Process (Free Forging)



PREFORMING



Free Forging



Ring Roll Forging

FINISHING

[사진 2-57] 자유단조 실작업과 제품류

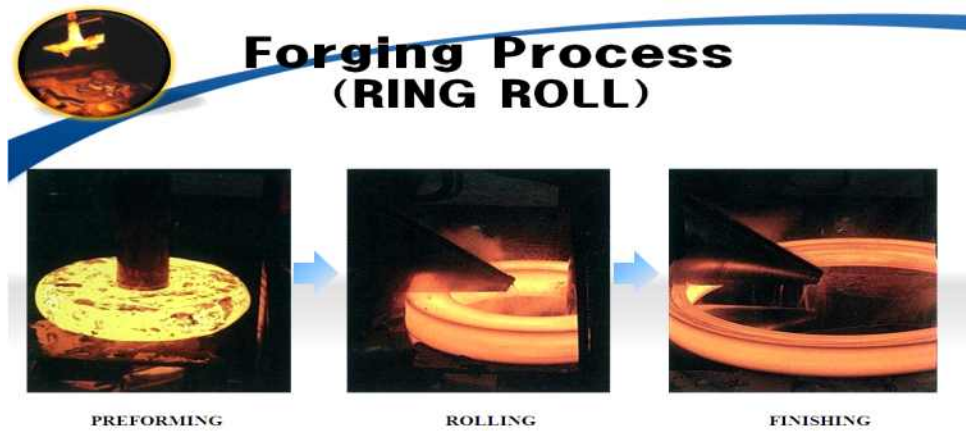
바. 자유단조후 링롤¹⁵⁾

1) 자유단조 작업표준 소개

다음 표준 작업서는 링롤 작업 표준으로 작업순서와 관리항목이 기재 되어 있으며 자유단조 공법을 적용하면서 링롤 머신을 이용하는 최신 공법이라 하겠다.

세부 공정은 아래의 분석 현황표와 같이 자유단조 후 팬케이크 형상으로 단조 후 링롤 머신에 장입하면 원하는 치수의 RING 제품이 제작된다. 구체적인 단조방법은 아래 단조작업 표준을 참조하기 바란다. 링롤 단조작업시 세부 사진을 공정별로 소개를 한다.

15) NCS 분류번호 : 작업지시 및 성형라인구축이해 (1601030205_14v3.1)



[사진 2-58] 자유단조 후 링롤 모습

단조 작업 표준서

관리번호	공정명	작업표준서	적용 장비	결재	작성	검토	승인
HJ-P-02	RING 단조작업		Φ1800 RING MILL				
			작업순서 (단조장/합금장 조건)				
			NO				
			1	예비단조품(PAN-CAKE형상)을 중간롤에 장착한다			
			2	예비단조품의 가열상태는 1,050℃ ~ 1,250℃로 관리한다			
			3	RING MILL 장비의 시작버튼으로 작동을 한다			
			4	제품의 성형이 끝나면 제품의 외경,내경,두께 검사를 한다			
5	제품의 이동을 위하여 측면 제품 거치대로 제품을 이송한다						

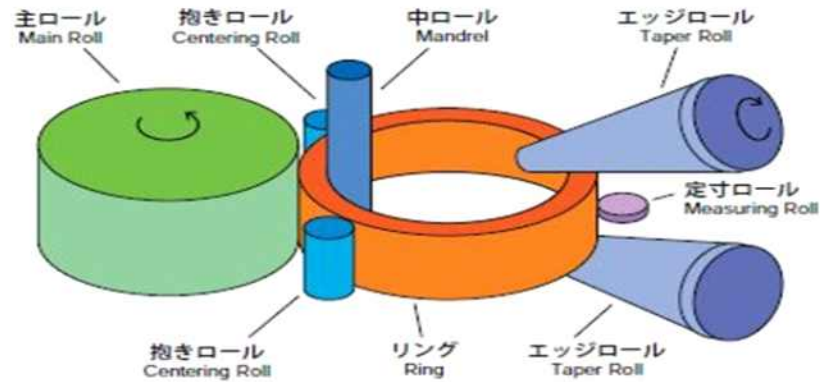
[그림 2-16] 링롤 단조작업 표준 소개

관리번호	MODEL 명	기 종	제 품 명	작 품	검 토	승 인
		RING GEAR				
그래프명	작성일자	2010. 04. 21	제 부 처	**	그 래	발 성 수 장
RING제품 세부 공정분석 현황						
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 25%;">  </div> <div style="width: 25%;">  </div> <div style="width: 25%;">  </div> <div style="width: 25%;">  </div> <div style="width: 25%;">  </div> <div style="width: 25%;">  </div> <div style="width: 25%;">  </div> <div style="width: 25%;">  </div> </div>						

[그림 2-17] 링롤공정 표준

2) 링롤작업의 원리¹⁶⁾

Ring Mill 장비를 이용하여 Ring Gear를 제작하는 원리에 대하여 아래의 그림을 통하여 배울 수 있다. 예비성형된 소재를 Ring Mill 장비에 넣으면 각각의 Roll이 상하, 좌우로 유압의 힘으로 압력을 가하면서 성형이 되는 원리이다.



[그림 2-18] 링롤공정 원리

Ring Gear의 작업표준 사례는 일반적인 작업방식으로서 소개를 한다. 간단하게 부연 설명을 하면, 예비단조 형상을 단조하여 중간 롤에 장착한다. 가열온도는 1,050℃~1,250℃로 관리하며 단조치수는 단조작업 표준에 따른다.



[사진 2-59] 링롤 작업 중

링롤작업 후에는 제품의 취급주의를 위하여 제품적재 다이에 보관 관리한다.

16) 단조성형 공정의 이해 (LM1601030205_14v3.2)



[사진 2-60] 링롤 작업 후 보관

11. 형단조¹⁷⁾

가. 형단조의 개요(Closed Die Forging)

형단조란 특정한 2개의 단조용 금형에 의해 단조되면서 금형의 모양으로 성형하는 단조 방법이며, 동일 금형으로 많은 양의 단조품을 생산 할 수 있으며 자유단조에 비하여 정밀도가 우수한 단조품을 얻을 수 있으므로 후공정에서 절삭가공 시간과 비용을 절감할 수 있다.

나. 형단조의 목적

일반적으로 단조품의 형상은 기계의 구성요소로서 작동하는 기능에 의하여 결정된다. 따라서 일반적인 형상은 기계부품의 설계자에 의하여 결정된다. 그러나 단조 기술자는 공차, 구배, 모서리 및 구석 반경등을 포함하여 원가를 절감할 수 있는 방안을 제시 하여야 한다. 불필요하게 높은 정도의 공차, 얇은 리브나 웨브, 작은 발구배, 예리한 모서리나 구석반경 등은 단조품 제작상의 문제점을 야기할 수 있으며, 생산원가의 상승을 초래하게 된다. 또한 불필요하게 높은 진직도는 단조작업 후 별도의 교정 공정이나 냉간 작업공정을 필요로 하게 되며 제한된 프래쉬 남음 또한 별도의 그라인딩 공정을 필요로 하게 되어 원가상승의 원인이 된다.

17) NCS 분류번호 : 작업지시 및 성형라인 구축이해 (1601030205_14v3.1)

다. 재료의 선택

단조의 재료는 금속, 비금속, 내열강 등 수없이 많다. 그러나 재료의 선정은 맨 처음 부품의 기계적 성질에 의하여 좌우되며, 일반적으로는 부품 설계자에 의하여 결정된다. 그러나 현실적으로 단조 기술자가 재료의 선정에 참여할 수 있는 폭은 대단히 제한되어 있다고 할 수 있다. 대부분의 재료는 단조가 가능하지만 그 단조성(가단성)은 각 재료별로 많은 차이를 나타내고 있다. 단조성이 좋지 않아 간단한 단조작업으로는 제작할 수 없는 재료의 경우 별도의 장비나 공정을 필요로 하게 되므로 부품의 설계자는 재료의 선정에 있어서 단조기술자의 의견을 수렴하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.

라. 단조품의 중량

단조품의 중량은 단조 기술자에게는 아주 중요한 부분이다. 단조기술자는 주어진 중량의 단조품을 생산하기 위한 투입소재의 양을 결정해야 한다. 이때 단조품의 단면변화 및 금형설계의 방법에 따라 투입소재의 양이 달라지게 된다. 그리고 예비 단조품(업세팅, 롤링, 드로잉 등에 의하여 만들어짐)은 프래쉬의 양을 적게 하여 소재의 양을 줄이고 금형의 수명을 향상 시킨다.

마. 수량

단조방법, 단조장비의 크기 및 금형의 형태 등은 생산될 단조품의 수량에 의하여 결정된다. 수량이 증가 할수록 금형 및 작업공정이 정교해진다. 금형 비용이 상승하더라도 전체적인 비용을 절감할 수 있기 때문이다. 따라서 각 단조품의 원가를 산출하는 데는 생산량의 예상이 필수적이라 할 수 있다. 그리고 단조기술자는 단조품의 생산 수량을 고려하여 금형 및 작업공정을 가장 경제적으로 설계해야 한다.

바. 금형설계

단조 설계자는 알고 있는 지식과 Grain Flow 특성, 단조장비의 능력 및 특성 금형재의 특성, 금형 제작 장비 및 방법, 소재준비, 단조기술, 금형의 윤활처리 등 경험에서의 Know-How로 금형을 설계한다. 물론 설계자는 요구하는 형상의 제품을 만들기 위하여 가장 효과적으로 금형을 제작할 수 있도록 금형을 설계해야 하며, 최고의 능력에서 최상의 내구력을 가질 수 있도록 Grain Flow 가진 제품이 되도록 설계해야 한다. 대부분 초기단계의 작업이 Grain Flow를 좌우하게 되므로 브로카 등과 같은 초기단계의 Impression의 설계가 아주 중요하다. 작고 복잡하지 않은 단조품의 경우에는

브로카와 같은 예비 Impression을 피니셔와 같이 하나의 금형에 제작할 수도 있지만 크고 복잡한 단조품의 경우에는 두 개 이상 별도의 금형을 제작해야 할 경우도 있다. 이런 경우 두 개 이상 별도의 장비가 필요하기도 하고 단조공정 간에 별도의 가열공정이 필요하게 되기도 한다. 그리고 금형은 단조품의 품질뿐만 아니라 제품의 제조원가에도 크게 영향을 미치므로 세심하게 설계하여야 한다.

사. 소재준비

단조용 소재로는 롤(Roll)된 환봉(Round Bar)이나 각재(Billet)가 일반적으로 가장 널리 사용된다. 소재의 공급자로부터 단조공장에 공급된 소재는 수량 및 중량을 확인하고 보관되며, 요구되는 금속학적 규격을 검사하기 위하여 시험실로 보내지기도 한다. 이 시험에서는 화학성분, 기계적 성질, 청정도, 그레인 사이즈 등의 검사가 포함된다. 그리고 소재의 표면에 크랙, 랩, 터짐 등 단조에 유해한 결함이 있는지도 검사되어야 한다.

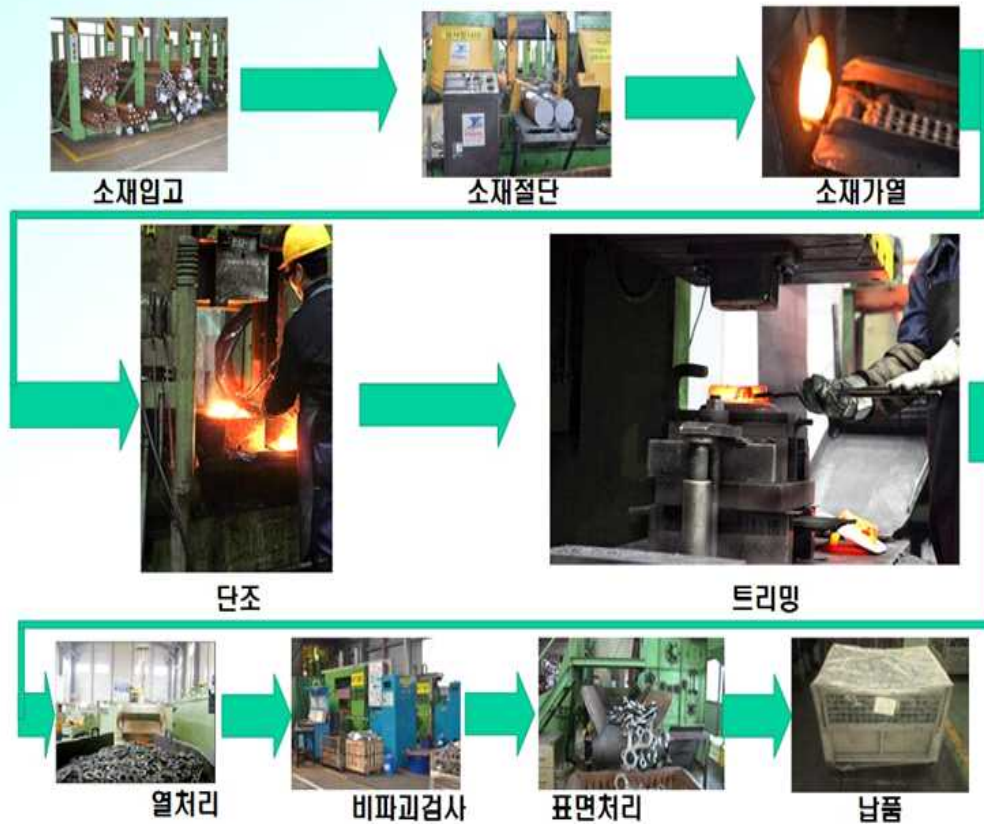
검사가 끝나면 대개의 경우 소재는 단조품 생산에 알맞은 크기로 절단된다. 보통 70이하, 경도 HB250 이하의 탄소강이나 저 합금강 소재는 상온에서 빌렛 시어로 절단하며, 고 합금강이나 경도가 높거나 단면적이 큰 소재 또는 깨끗한 절단면이 요구될 경우에는 Band Saw 등으로 절단한다.

아. 가열

냉간단조의 경우에는 가열을 하지 않고 금속의 가연성을 향상하기 위한 일련의 조치를 취한 후 단조작업을 하게 되며, 온간이나 열간단조의 경우 금속을 가열하여 단조성이 가장 좋은 온도에서 단조작업을 하게 된다. 이때 가열온도는 소재의 종류에 따라서 달라진다. 예를 들어 구리(Copper) 또는 구리합금은 냉간에서 작업할 수 있지만 일반적으로 370~450℃에서 단조한다.

그리고 저 탄소강, 저 합금강은 1100~1260℃, 알루미늄은 370~450℃, 스테인레스 1100~1130℃, 티타늄은 730~1065℃, 니켈베이스합금은 1040~1150℃에서 단조 한다. 가열방법은 전기에 의한 방법, 가스 또는 기름에 의한 방법 등 여러 가지가 있다. 그러나 가열방법과 관계없이 과도한 스케일(Scale), 탈탄, 과열(Over Heating)등이 일어나지 않도록 하여야 한다.

일반적 형(열간)단조 공정도



[그림 2-19] 일반적 형단조 공정

자. 단조 공정

단면의 변화가 심한 제품(예: 연결봉 Connecting Rod)을 단조할 때에는 일반적으로 여러 단계의 공정을 거치게 된다. 먼저 체적의 분배가 필요하다. 단면적이 작은 부분은 소재의 단면적을 감소시키고, 단면적이 큰 부분은 소재를 모아 이후 공정에서 소재의 이동이 많지 않게 하고 프래쉬의 양이 적게 되도록 해야 한다. 이는 필요에 따라 부속된 다른 기계(Forging Roll)를 이용하기도 하고, 별도의 기계에서 예비 성형체를 제작하기도 한다. 다음은 제품 형상과 유사하면서 금속의 흐름이 용이하게 만들어진 브로카 공정을 거치게 된다. 브로카 작업은 해머의 경우에는 1~수회의 작업에 의하여 이루어지며, 프레스의 경우 1 Strock로 완료하게 된다. 브로카 작업 후 단조품의 정확한 형상과 치수로 제작된 피니샤 작업을 하게 된다. 피니샤에서는 1~수회의 타격으로 Impression내에 살이 충만하게 되고 형 분할선으로 프래쉬가 발생하며, 이 여분의 살인 프래쉬는 다음 공정에서 제거된다.

중공단조 및 복합 중공단조(Hollow Forging) 소개



[그림 2-20] 중공단조 공법과 메탈플로우 형상

차. 단조의 방식¹⁸⁾

해머단조의 경우에는 아래의 내용과 같이 소재를 1회 가열 후 단조 완성하는 경우와 2회가열 단조 완성하는 경우로 구분된다.

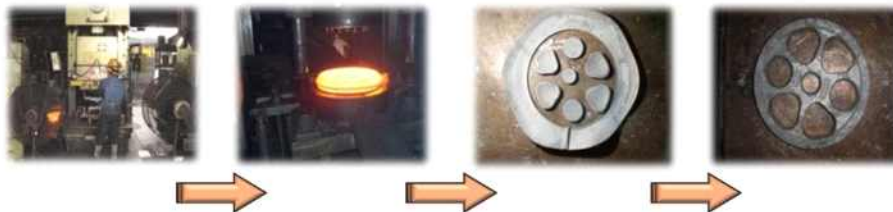


[그림 2-21] 단조의 방식

18) NCS 분류번호 : 단조성형 공정의 이해 (1601030205_14v3.2)

카. 프래쉬 제거¹⁹⁾

단조공정에서 발생한 프래쉬는 여러 가지 방법에 의하여 제거되며 이것을 트리밍(Trimming)이라 한다. 일반적으로 프래쉬는 기계식 프레스에서 트리밍에 의하여 절단되지만 특별한 경우 톱이나 그라인딩, 기계 가공 등으로 제거되기도 한다. 프래쉬를 제거하기 위하여 특별히 제작된 금형을 트리밍 형(Trim Die)이라 하며, 보통 프래쉬 라인 윤곽과 같은 형상을 가진 날(Cutter)을 가진 이빨판과 단조품 형상에 맞는 형상을 가진 펀치(Punch)로 구성되어 있다. 이 트리밍 형은 별도의 트리밍 프레스에 세팅 되어 단조가 완료된 직후 열간 상태에서 프래쉬를 제거하게 된다. 극히 드문 경우이긴 하지만 소형 제품인 경우에는 단조품이 냉각된 후 별도의 기계에서 냉간 상태로 트리밍하는 경우도 있다.



① 형 분할선상에서 금형 사이에서 재료가 흐르는 것을 막고 형단조 끝에 BURR가 나옴.
이것으로 인한 임프레이션에 재료가 충만하다.

② 재료의 채적은 임프레이션 채적보다 커져야 한다. 따라서 여분의 살이 BURR로 나오지만 BURR의 크기는 여러가지 이다.

③ BURR는 상형과 하형의 타격을 막아 시킴으로 완충역활을 한다. 이 방법에 의해 금형의 충격에 의한 파괴를 방지한다.

[그림 2-22] 트리밍 공정

다음은 단조공정에 대한 전체적인 프로세스를 볼 수 있다.



[그림 2-23] 전체적 단조공정 프로세스

19) NCS 분류번호 : 단조성형 공정의 이해 (1601030205_14v3.2)

12. 단조품의 열처리

열처리(熱處理, heat treatment)란 가열·냉각 등의 조작을 통하여 컨베어 속도, 시간 등의 조절로 해당 소재의 특성을 개량하는 조작으로 온도에 의해서 존재하는 상의 종류나 배합이 변하는 재료에 이용되는 공정이다. 흔히 사용되는 것은 금속인데, 고온에서 급냉시켜 일반적으로 일어날 변화를 일부 또는 전부 저지하여 필요한 특성을 내는 담금질(켄칭), 한 번 담금질한 후 비교적 저온에 가열하여 담금질로써 저지한 변화를 약간 진행시켜 꼭 알맞은 특성을 갖게 만드는 뜨임(템퍼링), 가열하여 천천히 식혀 금속재료의 뒤틀림을 바로잡거나 상의 변화를 충분히 끝나게 하여 안정 상태로 만드는 풀림(어닐링) 등 여러 가지 처리를 모두 열처리라고 한다.

가. 켄칭(Quenching)

강을 오스테나이트화한 다음 급냉에 의해 오스테나이트 전부 또는 일부가 마텐자이트 변태하여 경화되는 처리이며, 아공석강의 오스테나이트화 온도는 A_{c3} 이상이고 과공석강인 경우 A_{c1} 과 A_{cm} 사이의 온도이다. 켄칭의 방법으로는 표면 켄칭, 마템퍼링, 오스템퍼링, 슬랙 켄칭, 프레스 켄칭 등이 있다.

나. 템퍼링(Tempering)

켄칭에 의해서 경화된 강을 공석 온도 이하의 온도로 재가열하여 적절한 시간 동안 유지한 다음 공냉함으로써 연성과 인성을 향상시키고 잔류응력을 제거하며, 조직을 안정화시킬 목적으로 시행하는 처리이다.

다. 노말라이징(Normalizing)

강을 변태영역 이상의 적절한 온도의 오스테나이트영역으로 가열한 다음 공기 중에서 냉각하는 처리이다.

라. 어닐링(Annealing)

적절한 온도로 가열하여 유지한 다음 적절한 속도로 냉각하여 경도를 감소시키고 가공성을 향상시키며, 냉간가공을 용이하게 할 수 있도록 원하는 미세조직을 얻는 처리이다.

마. 응력제거(stress Relieving)

잔류응력을 제거하기 위하여 임계온도 이하의 적절한 온도로 가열한 다음 서랭하는 처리이다.

1) 연속로 형식

일반적으로 사용하는 열처리로의 형식으로 사진과 같이 Mesh Belt가 있으며 그 위에 제품을 배열하는 형식이다. Mesh Belt의 진행속도로 열처리 조건을 조정한다.



열처리 소개 (연속로 형식)



열처리 연속로 형식



열처리 장비

[그림 2-24] 연속로 형식의 열처리로

2) 피트로 형식

대형물, 중량물의 열처리가 필요할 경우에는 사진의 피트로 열처리로를 이용하게 되는데 피트 도가니로중에서 노체가 바닥면보다 아래에 집어넣은 형식이다.



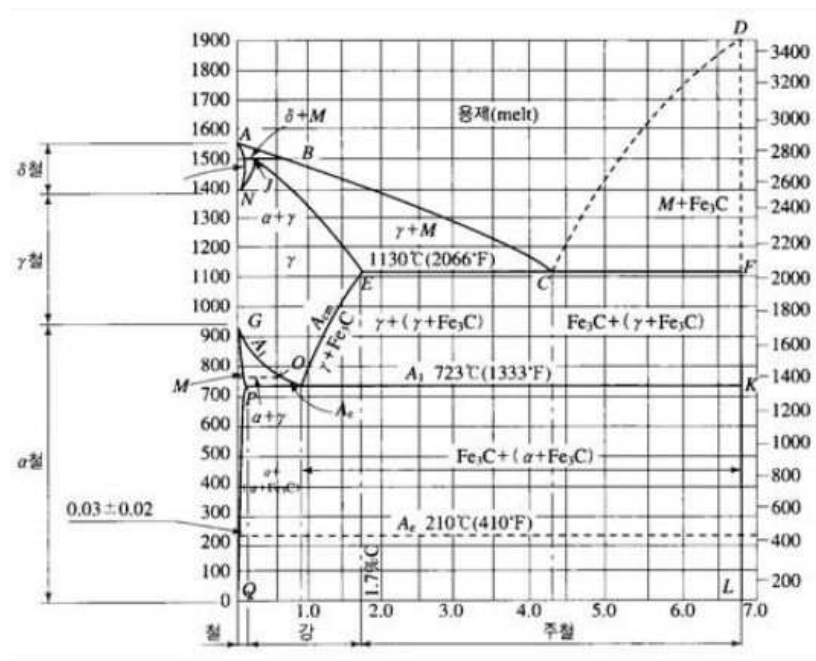
[사진 2-61] 피트로형식의 열처리로

바. 열처리의 주요 목적

열을 가하거나 냉각 온도와 시간, 속도를 조절함으로써 재료의 성질을 개선하거나 특별한 성질을 부여하는 조작. 일반적으로 금속 재료의 강도나 경도의 증가, 메짐성 부여, 내부 응력 제거 등의 목적으로 이용된다.

- 기계적성질 향상
- 가공성 향상
- 표면경도, 내력의 향상
- 응력을 풀어주는 역할
- 조직상태를 양호하게 한다.

사. 강의 평형상태도와 조직



[그림 2-25] Fe-C계 평형상태도

순철에는 α , γ , δ 의 3동소체가 있으며 이것은 역시 C를 용해하며 $\alpha, \gamma, \alpha \delta$ 의 고용체를 만든다. α 고용체는 723°C에서 0.025% C를 γ 고용체는 1130°C에서 2.0% δ 고용체는 1490°C에서 0.1%의 C를 용해한다.

A	순철의 응고점 (1,539°C)	G	순철의 A3 변태점 (910°C)
AB	δ 고용체에 대한 액상선	GOS	α 고용체의 초석선
AH	δ 고용체에 대한 고상선	GP	C0.02%이하의 순철에서 α 고용체로부터 석출하는 온도
BC	γ 고용체에 대한 고상선	M	순철의 A2 변태점
HUB	포정선 (1,490°C)	MO	강의 A2 변태선 9768°C)
N	순철의 A4 변태점고점 (1,544°C)	S	공석점(723°C 약0.8%C)Pearlite (공석점Fe C)
P	α 고용체의 탄소포화점(0.02% C)	E	γ 고용체의 C의 포화량 (2.0%)
C	Fe - C계의 공정점 탄소량 (1,130°C, 4.3%C)	PSK	A1 변태선(공석선)
ECF	공정선(C가 % ~ 6.67%)	PQ	α 고용체의 탄소용해도 곡선
---	--- 의 초석선 (Acm선) γ 고용체에서 --- 가 석출하는 온도	---	6.67% C를 함유하는 백색침상의 금속간 화합물

[그림 2-26] Fe-C계 평형상태도 약어 설명도

아. 단조품의 조직과 열처리후의 대표 조직



단조품의 조직



Normalizing 조직



단조 후 침상 조직

열처리의 정의

금속을 적당한 온도로 가열하여 적당한 속도로 냉각시켜서 그 기계적 성질을 향상 및 개선하는 조작을 말한다.

강의 기본 4대 열처리

1. 불림(normalizing)
금속조직의 표준화
2. 풀림(annealing)
금속에 전성과 연성부여.
3. 담금질(quenching)
금속에 강도와 경도부여.
4. 뜨임(tempering)
담금질한 강에 인성부여



Q.T 조직

[그림 2-27] 단조품과 열처리후 조직

자. 표면경화법

금속제품의 표면에 필요한 성질을 주기 위한 목적으로 하는 열처리이며 종류에는 고주파열처리, 침탄열처리 등이 있고 경화 깊이는 0.5mm~2.5mm 이내를 관리한다.

13. 단조품의 표면처리

열간단조품의 경우 단조 시작온도가 이미 서술한 바와 같이 1,200℃를 유지하므로 단조 중 생기는 스케일이 제품에 잔류하게 된다. 표면 스케일은 주지하는 바와 같이 소재표면의 C와 공기 중의 산소가 반응하여 산화되면서 발생하는 산화스케일이다. 산화스케일은 제품에 잔류하면 후공정 시 여러 부작용이 발생하는데 대표적으로 열처리의 소입성이 떨어진다는지, 경도와 조직을 관리하는데 어려움이 있다. 따라서 단조 전후, 열처리 후에는 여러 가지 방법으로 산화스케일을 제거 해야 한다. 산화스케일을 제거하는 방법에는 쇼트블라스트와 샌딩 방법이 있다.

가. 쇼트블라스트 (Shot Blast 방법)

철강의 입자나 규사 입자를 피사체에 충돌시켜 표면을 마무리가공하는 가공법을 말한다. 충돌면으로는 투사면의 형상, 크기에 제한 없고 복잡한 곡면, 구멍의 내면도 마무리 가공할 수 있다. 쇼트 블라스트에는 절삭작용이 적으며, 밀 스케일 제거나 표면경화용으로 사용한다. 일명 쇼트기라고도 부르며, 커다란 통 안에 고무벨트와 쇼트볼을 함께 넣고 회전을 시키면 쇼트볼이 제품과 충돌하면서 표면의 산화스케일을 제거하는 방식이며, 에어프론타입과 행거타입이 있다.



[사진 2-62] 에이프론 쇼트기와 내부 모습

1) 산화스케일/쇼트후의 효과

열간단조 후에는 아래의 사진과 같이 산화스케일이 발생하는데 이는 가열 중 대기 중의 산소와 소재표면의 탄소가 연소되면서 산화스케일이 발생하는 원리이다. 보통은 표면에 얇게 발생하는데 과열시에는 소재내부에도 탄소가 없어지는 현상이 발생하는 것을 탈탄현상이라고 한다. 아래의 사진은 산화스케일의 모습과 쇼트후의 모습을 볼 수 있다.



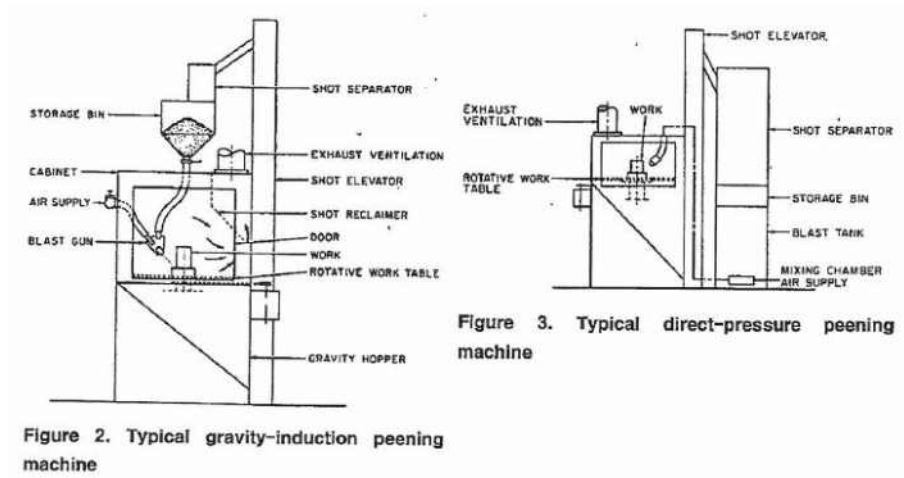
[사진 2-63] 산화스케일 모습



[사진 2-64] 쇼트후 산화스케일 제거상태

나. 쇼트피닝 (Shot Peening)

금속부품에 강구 입자를 충돌시켜 표면층에 압축 잔류응력을 유발함으로써 피로, 응력부식 균열 등에 대한 저항을 증가시키기 위한 목적으로 실시한다. 쇼트피닝 설비의 구조와 원리에 대한 그림을 소개하고자 한다.



[그림 2-28] 쇼트피닝 설비 20) 개략도



[사진 2-65] 쇼트피닝 설비와 내부모습

다. 샌딩(Sanding)

흠집을 제거하고 도장(塗裝)할 표면을 매끄럽게 하기 위해, 또 페인트 코트의 점착을 좋게 하기 위해 연마재를 사용하여 문지르는 것을 말한다. 샌딩시 사용되는 연마소재는 미세한 돌가루부터 스틸볼까지 용도에 맞게 사용되며, 기계나 설비를 이용하기도 하고 대상물을 직접 손으로 잡고 작업을 하기도 한다.



[사진 2-66] 샌딩기/수동

14. 금형제작²¹⁾

가. 금형 제작공정 소개

1) 금형소재 준비 (사각 금형 소재)

단조제품을 설계하면 보통은 제품의 체적에 비례하여 금형소재의 치수를 결정하게 되는데 제품의 치수에 비례하여 금형의 치수가 결정된다고 할 수 있다. (금형소재 사진 참조)



[사진 2-67] 금형소재/사각

2) 금형소재 준비(원형 금형소재)

프레스 작업시 주로 사용하며 소모품 형식으로 사용한다. 사각금형의 경우 수리와 인하작업을 반복하여 금형수명을 연장할 수 있으나, 원형금형의 경우에는 일회성으로 사용 또는 제한적으로 수리후 사용한다.

21) NCS 분류번호 : 금형상태 파악하기 (1601030205_14v3.4)



[사진 2-68] 금형소재/원형

3) 금형가공 공정 소개²²⁾

(가) 금형 밀링공정 준비된 금형 소재는 R&D 부서에서 설계하여 CAD/CAM을 준비한 후 해당가공 설비에서 가공을 한다. 보통은 CNC 밀링 작업을 하는 것이 보통이다. 다음은 대표적 가공장비의 사례를 보여준다.



[사진 2-69] 금형가공 장비

(나) 금형사상 공정

금형소재 가공후 가공면에는 미세한 TOOL MARK가 남는데, 그 TOOL MARK를 그대로 단조할 경우 제품표면에 줄무늬 혹은 기타 유해한 흠으로 남는 사례가 있어서 그 원인을 제거하고자 가공 면을 페이퍼를 이용하여 사상작업을 한다. 아래의 사진은 사상작업 중인 사진이다.

22) NCS 분류번호 : 작업지시 및 성형라인 구축이해 (1601030205_14v3.1)



[사진 2-70] 금형사상 공정

(다) 금형도금 공정

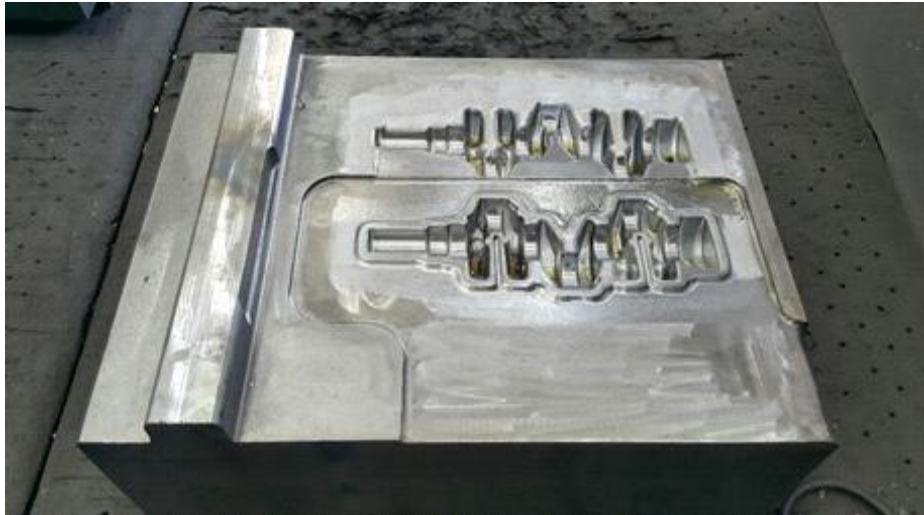
사상 작업을 완료한 금형은 금형사용 시점 연장을 위한 도금피막 처리를 하는데, 피막처리 효과는 그대로 사용 시 보다 약 3배정도의 금형 수명 연장의 효과가 있다.



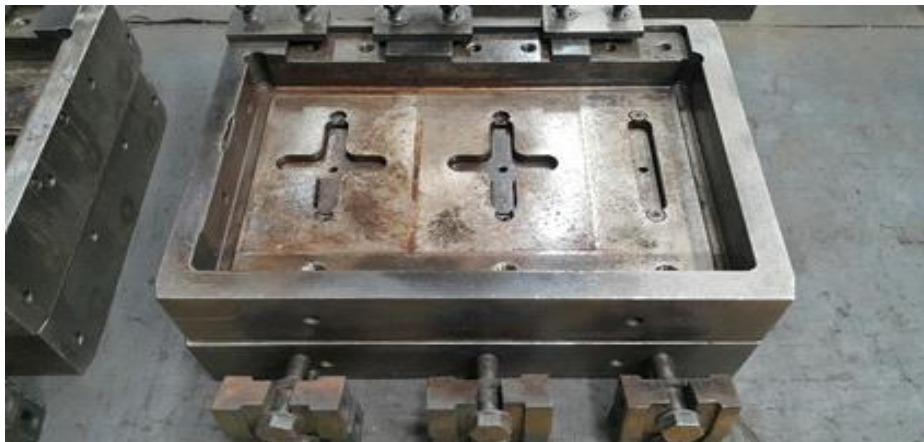
[사진 2-71] 금형 도금후 모습



[사진 2-72] 캠샤프트 금형



[사진 2-73] 크랭크샤프트 금형



[사진 2-74] 프레스금형용 카트리리지

나. 금형관리²³⁾

1) 금형관리

금형의 제작부터 폐기까지의 흐름도를 문서화 하여 관리하도록 되어 있으며, 각 회사별로 금형관리 프로세서를 운영하고 있다. 대략의 큰 틀에서 살펴보면 금형의 제작사유로부터 시작하여 개발의뢰 접수, 금형소재 입고, 금형제작, 시타 생산, 수정, 재수정 등의 공정을 거치면서 정식 금형 등록 후 관리하는 체계를 이루는 프로세스를 이해해야 한다.

(가) 금형 형태(해머금형/프레스금형)결정

해당 제품의 면적, 수량, 난이도, 경제성, 설비보유 현황 등을 설계자가 고려하여 금형의 형태를 판단하고 결정해야 한다.

23) NCS 분류번호 : 금형상태 파악하기 (1601030205_14v3.4)

(나) CAD/CAM 금형설계

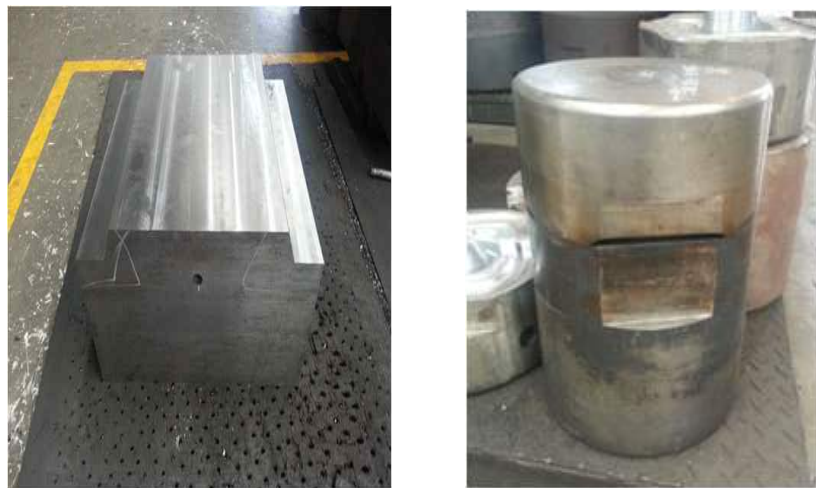
해당 연구소 또는 개발팀에서는 개발 제품의 도면을 완성하고 금형 형태에 따라 금형을 설계하고 제작에 착수한다.

(다) 개발제품의 도면이 완성되어 금형제작부서에 전달되면 해당 제품의 특성을 고려하여 금형재질과 금형의 면적을 파악하고 치수를 결정하여 금형소재를 구매한다.

(라) 금형제작이 완료되면 금형 관리대장에 기재 후 관리한다.

2) 금형관리 프로세스

(가) 금형재 준비



[사진 2-75] 금형재 준비

(나) 금형가공



[사진 2-76] 금형가공

(다) 금형검사



[사진 2-77] 금형검사

(라) 금형 사용후 수리

금형을 사용 후 수리부터 본격적인 금형관리 프로세스가 적용되며 수리에는 두 가지 방법이 있다. 금형의 마모상태를 검사 관찰하여 국부적으로 수리가 필요한 경우와 금형의 마모정도가 심하여 금형의 일정량을 약 7mm정도를 가공한 후 금형을 전체적으로 재가공하는 방법이 있다. 금형을 전체적으로 재가공하는 것을 금형을 인하한다고 하여 통칭 인하라고 부른다. 다음의 금형 사진은 금형의 마모정도를 파악하고 수리 또는 인하를 판단하기 위하여 금형을 확인하는 모습이다.

(마) 금형의 수리 판단²⁴⁾ (크랙, 마모부위를 확인한다)

사용금형의 표면을 검사하여 금형의 크랙, 마모부위를 수리 한다.



[사진 2-78] 금형마모 확인



[사진 2-79] 금형인하 처리

24) NCS 분류번호 : 금형상태 파악하기 (1601030205_14v3.4)

(바) 금형의 인하 판단 (크랙, 마모부위를 ⑦가공처리)

금형수리 판단하여 인하로 판단일 경우 아래의 사진과 같이 금형 크랙 또는 마모부위와 손상부를 면가공(약7mm) 후 재가공 처리한다.

(사) 금형 수리/인하 후 재검사 (석고 생산 후 재검사)

금형을 수리/인하한 후에는 금형을 신규로 제작한 경우와 같이 석고검사를 통한 금형의 정확도를 측정한다. 금형을 수리/인하시에도 CAD/CAM DATA와 비교 측정해 볼 수 있는 방법은 석고검사를 통한 방법과 직접 금형을 측정하는 방법이 있는데 효율적인 방법은 역시 석고검사를 통한 검증이라고 할 수 있으며, 석고검사를 제일 많이 사용한다.



[사진 2-80] 석고검사



[사진 2-81] 석고검사 대기중 석고



[사진 2-82] 석고검사 완료 후 석고

3) 금형관리

금형이력카드

작성	검토	승인

관리 NO	△△-△△△△	고객사	△△△△-△△	품명 및 규격, 품번	△△△△-△△-△△		
생산 LINE	4000TON F/PRESS	재질 / 금형SIZE	SKT-4M / 300X440X135,5/135,5	개발완료일	20△△-09-03		
단 조 금 형 및 트 리 밍 금 형 사 진							
금 형 개 선 이 력							
NO	날짜	개선내용	비고	NO	날짜	개선내용	비고
1	2007.09.03	2500TON F/PRESS 금형으로 신규제작					
2	2007.12.14	수정기호 2번적용(황단금형도)					
3	2008.01.10	수정기호 4번적용					
</							

[그림 2-29] 금형이력카드 감지

실행 제작된 금형은 기록되고 관리 되어야 한다. 금형 생성후 금형 이력카드를 통하여 금형의 제작 날짜와 품명 규격에서 개선이력까지를 전부 관리해야하며 금형의 생성부터 폐기까지의 일생을 관리해야 한다.

금형이력카드(을)						금형보증타수	8,000 EA
NO	금형제작 구분	단조작업 기간	단조타수	누적 단조타수	금형보증타수 보증상태	비 고	
1	인하	2009.10.13 ~ 2010.04.02	6,719	6,719	OK		
2	인하	2010.06.04 ~ 2010.07.15	2,819	9,538	OK		
3	인하	2010.08.12 ~ 2010.09.28	2,405	11,943	OK		
4	인하	2010.10.11 ~ 2010.10.25	1,698	13,641	OK		
5	인하	2010.11.29 ~ 2011.01.10	2,691	16,332	OK		
6	인하	2011.02.26 ~ 2011.04.29	2,419	18,751	OK		
7	인하	2011.05.20 ~ 2011.06.28	3,571	22,322	OK		
8	인하	2011.07.28 ~ 2012.01.04	5,781	28,103	OK		
9	인하	2012.02.01 ~ 2012.03.05	2,954	31,057	OK		
10	인하	2012.05.13 ~ 2012.06.25	3,249	34,306	OK		
11	인하	2012.07.23 ~ 2012.12.03	2,846	37,152	OK		
12	인하	2012.12.17 ~ 2013.02.19	3,925	41,077	OK		
13	인하	2013.03.08 ~ 2013.03.13	1,550	42,627	OK		
14	인하	2013.03.27 ~ 2013.04.11	1,660	44,287	OK		
15	인하	2013.05.17 ~ 2013.08.21	3,161	47,448	OK		
16	인하	2013.09.05 ~ 2013.12.16	3,142	50,590	OK		
17	인하	2014.01.04 ~ 2014.03.18	5,599	56,189	OK		
18	인하	2014.04.23 ~ 2014.12.26	3,477	59,666	OK		
19	인하	2015.02.02 ~ 2015.02.05	1,465	61,151	OK		
20	인하	2015.03.10 ~ 2015.04.18	3,262	64,413	OK		

[그림 2-30] 금형이력카드 일지

금형이력카드에는 고객사명, 품명, 규격, 금형 생성일, 개정이력 등의 정보를 관리하며, 중요한 지표로 사용하고 있다.

4) 금형의 이력관리²⁵⁾

(가) 금형이력관리

개발 시 제작된 금형은 금형설계서의 설계자의 의도대로 수명관리, 이력관리, 금형의 수정 등의 관리가 필요하다. 일반적으로 금형을 제작한 후 수명관리 방법에는 타수관리, 즉 해당금형을 사용하여 제품을 몇 개생산하는지, 몇 개 생산후 수리를 해야 하는지, 금형의 수명은 어떻게 되는지를 관리하고 있으며, 일반적인 금형관리 이력은 다음과 같이 관리한다. 금형의 이력카드와 동시에 관리되어야하며 금형 이력카드가 주민등록증이라고하면 금형 이력관리표는 주민등록원부라고 할 있다. 일반적으로 엑셀을 이용하여 사용하며, 전산 ERP 시스템으로 운영하기도 한다.

25) NCS 분류번호 : 금형상태 파악하기 (1601030205_14v3.4)

금형이력관리표

금형코드	구분(관리)	구분	가공처	발주일	입고일	재입식입고	고려일	품명	규격	가공견적가	가공할의가	소재비	합계	다가본동사항	비고
0161017-01		열처리		2015-08-20	2015-08-24	2015-09-08		TUBE SPLINE				₩0			
0161017-01		열처리		2015-08-20	2015-08-24	2015-09-08		TUBE SPLINE				₩0			
0342017-01		열처리		2015-09-26	2015-09-29	2015-09-08		CYLINDER				₩0			
0342017-01		열처리		2015-09-02	2015-09-05	2015-09-08		CYLINDER				₩0			
0211302-01		열처리		2015-09-03	2015-09-06	2015-09-08		SPINDLE				₩0			
0412032-50		열처리		2015-09-03	2015-09-06	2015-09-08		CRANK				₩0			
0121023-01		열처리		2015-09-03	2015-09-06	2015-09-08		SPLINE TUBE HUB				₩0			
0121095-01		가공		2015-09-03	2015-09-06	2015-09-08		SPLINE TUBE HUB				₩0			
0121095-01		가공		2015-09-03	2015-09-06	2015-09-08		SPLINE TUBE HUB				₩0			
0121121-01		가공		2015-09-03	2015-09-06	2015-09-08		SPLINE TUBE HUB				₩0			
0121121-01		가공		2015-09-03	2015-09-06	2015-09-08		SPLINE TUBE HUB				₩0			
0211302-01		가공		2015-09-03	2015-09-06	2015-09-08		SPINDLE				₩0			
0142061-01		가공		2015-09-03	2015-09-06	2015-09-08		SLIP TUBE SHAFT				₩0			
0142061-01		가공		2015-09-03	2015-09-06	2015-09-08		SLIP TUBE SHAFT				₩0			
0121023-01		가공		2015-09-04	2015-09-07	2015-09-08		SPLINE TUBE HUB				₩0			
0333009-01		열처리		2015-09-04	2015-09-07	2015-09-08		GUIDE SHOE				₩0			
0161017-01		열처리		2015-09-04	2015-09-07	2015-09-08		TUBE SPLINE				₩0			
0211300-01		가공		2015-09-04	2015-09-07	2015-09-08		SPINDLE				₩0			
0161017-01		열처리		2015-09-05	2015-09-08	2015-09-08		TUBE SPLINE				₩0			
0161017-01		열처리		2015-09-05	2015-09-08	2015-09-08		TUBE SPLINE				₩0			

[그림 2-31] 금형 이력관리표

(나) 금형관리 흐름도

금형의 제작부터 폐기까지의 흐름도를 문서화하여 관리하도록 되어 있으며, 각 회사별로 금형관리 프로세서를 운영하고 있다. 대략의 큰 틀에서 살펴보면 금형의 제작사유로부터 시작하여 개발의뢰 접수, 금형소재 입고, 금형제작, 시타 생산, 수정, 재수정 등의 공정을 거치면서 정식 금형 등록 후 관리하는 체계를 이루는 것이 보통이다. 아래의 금형관리 프로세스를 참고하기 바란다.

		문서번호	FO-P-32	금형관리프로세스	결	작성	검 토	승 인
		개정번호	2		재	/	/	/
		개정일자	2015.09.15					
		페이지	1 / 1					
적용범위	이 프로세스는 회사에서 제조 업무에 사용하는 금형(이하 "트리밍,코어닝,TWIST"를 포함한다) 관리업무에 대하여 적용한다.							
목적	이 프로세스는 회사 금형의 구입,제작에서부터 폐기되는 일련의 과정에서, 금형의 품질을 확보하여 생산성 향상과 안정된 품질의 제품을 생산할수 있도록 생산을 지원하는데 그 목적이 있다.							
용어정의	금형 : 제품생산에 사용하기 위한 금속 틀(형)을 말하며, 트리밍,코어닝,TWIST를 포함한다.							
Process 관리항목	양품금형의 생산지원 계획 달성률	관리 주기	월 1 회	측정결과 기록	Process 실적표			
책임 과 권한	생산팀 (주관부서)			관련부서				
	<ul style="list-style-type: none"> - 금형제작 검토 및 제작 - 제작된 금형의 검출, 등록, 보관 - 합격된 금형의 관리 			<ul style="list-style-type: none"> - 품질경영실 검사담당자는 제작된 금형의 치수를 검사할 책임이 있다. - 모든 팀장은 금형검출 및 관리업무에 적극적으로 지원할 책임이 있다. 				
	PROCESS의 순서 및 상호작용			프로세스 운영 및 관리 기준/방법				
	고객	생산담당	관련담당					
제작 사유 발생				<ul style="list-style-type: none"> - 제작사유는 다음과 같다. 1)신규개발 2)생산계획 3)계획생산 				
제작 및 검출				<ul style="list-style-type: none"> - 금형 제작사유 발생시 금형의 유,무 확인후 신규제작이 필요할시 "소재구매요청서"를 작성하여 팀장,임원에게 협의하고 승인받은후 구입한다. - 신규개발시 "금형 관리번호 부여방법"에 따라 부여한다. - 외주 금형제작이 필요할시 "생산팀 금형 외주 발주서"를 작성하여 외주제작업체에 제작의뢰하고 팀장에게 협의후 승인받는다. - 금형가공 작업자는 "작업보고서"를 작성하여 금형담당자에게 제출한다. - 금형담당자는 "작업보고서"를 인수받아 "금형일일작업보고"에 등록한다. - 금형제작이 완료되면 금형의 형에서 색도본뜨기를 하여 추출해 내고, 품질경영실 검사담당자에게 검사의뢰한다. - 품질경영실 검사담당자는 "검사시험프로세스"의 정한바에 따라 검사,승인하고, 이상발생시 금형담당자에게 수정요청 통보 한다. - 이상발생통보를 접수한 금형담당자는 수정 재가공 하여, 품질경영실 검사담당자에게 재 검사의뢰한다. - 검사 완료된 금형은 금형반의 금형보관위치에 보관하고, "금형이력 관리표"에 등록한다. - 생산담당자는 생산이 완료된 금형을 금형공장으로 입고하고, "금형입고현황"에 사용정보를 기록하여 금형담당자에게 전달한다. - 금형담당자는 생산 완료된 금형을 점검하여, 금형제작방법(수리, 수정,인하,신규)을 판단하고 "금형입고검사성적서"에 기록후 보관 한다. - 생산담당자는 생산중 이상발생시 금형담당자에게 통보하고 이상 발생통보를 접수한 금형담당자는 조치 가능여부를 판단하고 즉시 수정하여 재지급한다. - 두께미달 및 파손등으로 인해 금형의 사용이 불가능하다고 판단 될시 "금형 파손(폐기) 보고서"를 작성하여 팀장,임원에게 협의하고 승인받은후 폐기한다. 				
보관								
사용 및 보관								
관련표준	개발P, 생산P, 검사시험P							
부 칙	이 프로세스는 2010년1월 4일부터 시행한다.							

[그림 2-32] 금형관리 흐름도

5) 금형의 보관 방법²⁶⁾

해당 금형의 라이프 Cycle은 금형제작을 시작으로 폐기까지의 공정 흐름을 가지고 있으며 해당 제품이 사양 아웃 되거나 폐기되기 전까지는 관리되고 항상 사용이 가능하도록 유지되어야 한다. 아래의 사진은 금형 보관대로서 다수의 금형을 이름표로 식별표시를 하면서 고객사별로 보관되고 있는 모습을 보여준다.



[사진 2-83] 금형보관 형태



[사진 2-84] 금형보관/금형 배치도

26) NCS 분류번호 : 금형상태 파악하기 (1601030205_14v3.4)

해당 금형의 측면에는 해당 고객사의 이름과 규격번호를 새겨 넣어 식별표시하고 관리를 하는데, 단조성형시의 열기로 인하여 쉽게 식별표시가 없어지는 경우도 있다. 이 사례를 예방하고자 금형가공용 TOOL을 이용하여 금형에 새겨 넣는 방법을 이용하기도 한다.

15. 단조품 검사(공통) 27)

가. 단조품의 검사

1) 단계별 검사방법

단조성형품의 검사방법에는 여러 가지 방법이 있는데 공정별로 구분하여 검사방식을 적용하는 것이 가장 일반적이다. 제품이 완성되기 위해서는 원자재 입고부터 제품 출하까지의 전 공정을 통하여 검사가 이루어진다. 필요에 따라서는 시험과 분석 작업을 해야 할 때도 있고 검사공정을 추가로 적용해야 할 때도 있다. 또한 개발품과 양산품을 구분해서 검사 프로세스를 구축하는 경우도 있다. 검사공정과 더불어서 중요한 공정이 품질관리인데 검사공정을 통하여 데이터가 수집되어 품질관리의 기본틀이 완성되는 것이다. 그러면 단조성형의 첫 단계인 원자재 수입검사부터 알아보도록 하겠다.

(가) 원재료 수입검사

원재료의 결함은 당연히 단조품의 결함으로 이어지므로 원재료의 검사는 중요하다고 할 수 있다, 제강사로서는 각종 검사를 통하여 원자재의 적합성을 입증하며, lot 관리 및 원자재의 식별관리를 철저히 하고 있다. 보통 제강사에서는 원자재 출하 시 제품의 품질을 보증하는 여러 시험 데이터를 시험 성적서에 포함하여 보통 Mill Sheet라는 서식에 아래의 내용으로 기재된다. ①제조방법 ②화학적 성분 ③기계적 성질 ④표면의 상태 ⑤외관검사 ⑥치수검사 결과 ⑦기타 상호 합의에 의한 추가검사(자분탐상 검사, 마크로 검사, 비금속 개재물 검사, 결정 입도 검사, 소입성 시험) 단조에 사용되는 원재료로는 주로 환봉형태와 사각형태의 소재를 사용한다. 원재료의 주요 검사항목 중 가장 중요한 원재료의 근본적 불량인 편향, 성분 이상, 크랙 등은 특히 주의하여 검사를 해야 한다. 아래의 양식은 원자재 수입검사 양식으로 각 회사에서 일반적으로 사용하는 형식이다.

27) NCS 분류번호 : 부적합품 조치 및 식별표시 이해하기 (1601030205_14v3.3)

원자재입계			원자재 수입검사 성적서										품	작성	검토	검토	승인
관 사 일													재				
입 사 자																	
순번	품도 번호	재 일	HEAT NO.	규격	입고종량 (Kg)	입고 수량(N)	SAMPLE 수량(n)	검사 방법	검사규격	원 시 결 과					판정		
										X1	X2	X3	X4	X5			
1	13	SCM440		Φ				1 화학성분	SCM440	H/S 대 배					합격		
								2 치수(두께)	0.0 ± 0.4	-0.1	0.3	0.1	0.0	0.0			
								3 용	MAX 0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0			
								4 CRACK	관해 없음	양호	양호	양호	양호	양호			
								5 경도	MAX HB 241	210	211	209	208				
2	13	SCM440		Φ				1 화학성분	SCM440	H/S 대 배					합격		
								2 치수(두께)	0.0 ± 0.4	0.4	-0.1	-0.2	-0.3	0.0			
								3 용	MAX 0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0			
								4 CRACK	관해 없음	양호	양호	양호	양호	양호			
								5 경도	MAX HB 241	207	205	205	210	211			
3	21	SCM420H		Φ				1 화학성분	SCM420H	H/S 대 배					합격		
								2 치수(두께)	0.0 ± 0.4	-0.2	0.4	-0.3	0.1	-0.3			
								3 용	MAX 0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2			
								4 CRACK	관해 없음	양호	양호	양호	양호	양호			
								5 경도	MAX HB 241	207	208	207	207	210			
4	21	SCM420H		Φ				1 화학성분	SCM420H	H/S 대 배					합격		
								2 치수(두께)	0.0 ± 0.4	-0.1	0.3	-0.2	0.0	0.4			
								3 용	MAX 0.0	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1			
								4 CRACK	관해 없음	양호	양호	양호	양호	양호			
								5 경도	MAX HB 241	212	212	213	213	212			
5	13	SCM440		Φ				1 화학성분	SCM440	H/S 대 배					합격		
								2 치수(두께)	0.0 ± 0.4	-0.1	-0.4	-0.4	-0.1	0.2			
								3 용	MAX 0.0	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2			
								4 CRACK	관해 없음	양호	양호	양호	양호	양호			
								5 경도	MAX HB 241	201	202	201	205	203			
합					-	0	0										
참고사항	Random Sampling n=5																

[그림 2-33] 원자재 수입검사 성적서

2) 금형검사

금형검사는 CAD/CAM으로 설계된 DATA에 의거하여 제작되지만, 실수방지와 예방을 위하여 금형검사가 반드시 필요하다. 검사방법에는 실제단조하기 전에 석고를 금형에 부어서 굳히고, 그 석고를 빼서 그 치수를 측정하는 방법이 효과적이다. 금형을 제작 후 표면을 연마하고 석고가루를 물로 희석시키고, 그 석고용액을 금형의 하형틀에 먼저 주입하고, 그 다음에는 상형틀에 주입하여 상·하형의 금형을 합한다. 석고용액이 1시간 경과 후에 완전히 응고된 것을 확인한 다음 금형을 분리한 후 석고를 빼서 석고검사 성적서에 의거하여 치수검사를 실시한다.

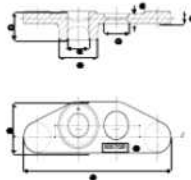
3) 공정/중간검사

공정검사는 단조 중에 검사를 한다고 하여 중간검사라고도 한다. 중간검사는 품질이력을 분석해서 불량품을 사전에 예방하는 방법이다. 불량품을 다음 공정으로 보내지 않도록 하여 손실을 최소화하고, 불량품이 발생했을 때 분석자료의 기초 Data로 활용할 수가 있다.



[사진 2-85] 석고검사를 통한 금형검사

공정/중간검사라는 관리 항목을 설정하여 개인별, 공정별 책임한계를 명확히 할 수 있다. 또한 공정/중간검사는 막연히 불량률이 몇 %라고 하는 것을 표시하는 것이 아니라 제품의 특정 부위, 특정 장비에서 작업자는 누가 작업했는지에 따라서 불량원인을 분석하고 예방하는 자료로도 활용할 수 있다.

<div> <input type="checkbox"/> 수 입 <input type="checkbox"/> 중 간 <input checked="" type="checkbox"/> 최 종 </div> <div> 검 사 성 적 서 INSPECTION REPORT </div> <div> 검 재 </div> <div> 적 성 </div> <div> 검 토 </div> <div> 승 인 </div>									
품 명 I T E M				납 품 선 C U S T O M E R					
규 격 S P E C		품 번 P A R T N O		검 사 원 I N S P E C T O R	총 길 동 (인)				
재 질 M A T E R I A L		검 사 일 D A T E		수 량 Q U A N T I T Y		LOT NO	-		
<div>  </div> <div> 간 박 도 </div> <div> 총 합 판 정 </div>									
검사항목	판 정 기 준		측 정 치 (ACTUAL)					판 정 (RESULT)	
	X _L	X _U	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	
1 두께	19.5	$\begin{smallmatrix} +1.6 \\ -1.6 \end{smallmatrix}$	19.3	19.7	19.6				합격
2 두께	46.5	$\begin{smallmatrix} +1.6 \\ -1.6 \end{smallmatrix}$	46.7	46.4	46.5				합격
3 두께	15.9	$\begin{smallmatrix} +1.6 \\ -1.6 \end{smallmatrix}$	16.1	16.0	16.2				합격
4 외경	69.8	$\begin{smallmatrix} +0.2 \\ -0.2 \end{smallmatrix}$	70.1	69.7	69.9				합격
5형어긋남	0.6이내		0.3	0.2	0.3				합격
6문자	60627086		OK	OK	OK				합격
결모양	CRACK 및 결육이 없을것		OK	OK	OK				합격
열처리	HB235이하		원부란 열처리 성적서 참조					합격	

[그림 2-34] 검사성적서

4) 최종검사

단조공정이 완성되고 후공정(열처리, 포장공정)이 완료된 후 최종 출하전에 고객관점에서 즉 품질보증 차원의 검사를 말한다. 고객의 요구사항에 맞게 제품이 완성되었는지, 기타 특이사항은 없는지, 개발초기의 요구사항과 품질보증의 지시사항이 적합한지를 최종 확인하는 공정이다. 최종 검사 후 고객에게 인도될 때에는 보통 치수 검사 성적서, 열처리 성적서, 비파괴검사 성적서, 소재 Mill Sheet가 제출된다.

나. 단조품의 결함 및 원인분석 28)

1) 단조품의 결함개요

단조품에서 발생하는 결함에는 여러 종류가 있지만 크게 분류하면, 첫째 외관 불량, 둘째 내부결함 불량, 셋째 표면 불량으로 나뉜다. 다음은 결함부위별로 대표적인 불량사례를 도표를 보면서 설명하도록 하겠다.

2) 외관 불량 - 단조에 의한 결함

[표 2-2] 단조결함중 외관불량 사례연구

결함 명칭	발생 상태	대표적 원인
과 열 (Over Heating)	가열온도가 높게 설정되어 소재 결정 입도가 조대하여 입계 산화현상	가열온도 관리 부적합, 소재 장입량 오류
표면 주름	단조품의 표면에 발생하는 주름 흠	금형마모, 금형도금 벗겨짐.
소재 혼입	다른 재질의 원자재가 혼입됨.	원자재 메이커의 관리 부적합, 절단공정 중 혼입 부적합
탈탄 현상	소재 가열 시 공기 중의 산소와 소재의 탄소가 반응하여 표면에 발생	가열온도, 시간, 방법의 부적합
형 어긋남	상형과 하형 금형이 제대로 맞지 않아 서로 어긋나게 보이는 현상	금형체결 부적합, 금형가공 부적합, 금형설계 부적합
결 육	단조도면의 치수에 비교하여 두께, 크기 등이 모자란 모습	소재중량 부적합, 황타 치수 부적합, 이형제의 부적합, 스케일제거 부적합
찍 힘	열간 상태에서 제품이 모서리나 강한 것에 부딪혀서 생기는 상처	작업 부주의, 열처리 작업 시 발생
치수 불량	단조도면대비 치수 부적합	절단치수 부적합, 금형가공 부적합, 금형설계 부적합, 장비선정 부적합

28) NCS 분류번호 : 부적합품 조치 및 식별표시 이해하기 (1601030205_14v3.3)

3) 내부결함 불량 - 원자재에 의한 결함

[표 2-3] 단조결함중 내부불량 사례연구

결함 명칭	발생 상태	대표적 원인
기포 파이프 현상	강괴의 내부, 주변에 생기는 수축공 또는 파이프 형태의 결함	제강 중 발생하는 가스가 내부에 잔류하여 발생
소재 편석	강괴의 내부에 잔존하는 성분 원소, 불순물들이 모여 있는 결함	제련, 제강작업 부적합
비금속 개재물	산화물, 규산물, 황화물, 내화물 등이 강괴의 내부에 잔류하는 결함	산화물, 규산물 등이 제련 중 응고되어 슬래그에 잔류
피트(Pit)	소재 절단면에 전체적으로 분포하며 육안으로 점상처럼 보이는 결함	제련, 제강작업 부적합

4) 표면결함 사례 연구

단조 중 발생하는 불량으로 대표적으로 찍힘 사례, 겹침 사례, 형 어긋남 사례 등이 있으며, 각 사례별로 예방책과 개선책을 별도로 계획하여 추진하고 있다. 먼저 표면결함에 대하여 알아본다.



제품 찍힘 사례

[사진 2-86] 단조표면 결함 사례



[사진 2-87] 단조품 표면 찍힘



[사진 2-88] 원자재 결함 사례

다. 재료시험의 종류 및 특성

제품의 특성과 재질의 특성을 고려해 사용목적에 맞게 제품을 설계하고 단조하여 공급도록 되어 있으며, 그 제품의 물성치, 경도, 조직의 적합성을 검사하는 것을 재료시험이라고 한다. 재료시험의 방법에는 경도시험, 인장시험, 충격시험, 피로시험, 굽힘시험, 조직검사 등이 있다. 각 시험방법에 대하여 설명하도록 하겠다.

1) 경도시험

재료의 경도는 단조 소재분야에서는 대단히 중요하다. 경도검사만을 위한 전용측정 장비가 있으며 비교적 간단한 방법으로 경도를 측정할 수 있다. 경도 값의 결과에 따라서 기계적 성질 값과 비례하기 때문에 매우 중요한 검사항목이다. 먼저 경도검사 장비를 소개하도록 하겠다.

2) 브리넬 경도기

1900년에 스웨덴의 J. A. Brinell에 의해서 발표된 이래로 산업 전반에 걸쳐서 사용되고 있는 시험장비이다. 시험방법은 측정제품 또는 시험편을 평행하게 연마, 가공하여 평면 상태로 시험기의 지그 위에 올려놓는다. 다음은 직경 10mm 강구 볼이 세팅된 하중을 제품 또는 시험편에 압흔흔적으로 남겨 놓는다. 그 압흔흔적의 직경을 스코프로 읽어서 경도조건표의 수치로 환산하여 경도 값을 확정한다. 보통 하중은 3,000kg으로 정하여 사용 한다. 브리넬 경도기의 표준강구는 한쪽 부위만 사용하면 볼이 편 마모에 의한 부정확한 Data가 나올 수 있으므로 1개월에 1회 정도는 볼을 회전시켜, 세팅하여 사용한다. 또한 년 1회 브리넬 경도기의 검 · 교정을 실시하여 측정기가 적합한 상태임을 - 실시하며, 월 1회 정도는 표준 시험편으로 이상 여부를 확인하면서 사용한다.

시험장비운전표준							
시험장비명	모 델	제조사	관리번호	결	담당	검토	승인
브리넬 경도기	DTB-600	대경테크	품-55	재			
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <ol style="list-style-type: none"> 1. 하중지시용 압력계 2. 시험 하중추 3. 앤빌 4. START버튼 5. 스크류 핸들 6. 오일탱크 7. 스크류 </div> </div>							
작 동 순 서	<ol style="list-style-type: none"> 1. 시험편에 알맞은 앤빌(받침대)을 선정하여 스크류 상단에 결합시킨다. 2. 시료를 앤빌위에 올려놓고 스크류 핸들⑤을 무측으로 돌려 스크류를 상승시켜 압자와 시료를 가볍게 접촉시킨다. 3. START 버튼을 눌러 작동시킨다. 4. 하중이 규정된 크기에 도달하는지 확인한다.(하중은 자동으로 제거된다.) 5. 스크류 핸들을 왼쪽으로 돌려 시험편을 뺀다. 6. 오목부 부위를 스코프를 이용하여 측정한다. 7. 경도 환산표를 보고 경도값을 확인한다. 8. 경도기 사용후 주위정리정돈을 깨끗이 한다. 						
주 의 사 항	<ol style="list-style-type: none"> 1. 측정 시에는 시료와 앤빌(받침대)과의 접촉면이 평면이되도록 가공한다. 2. 시료와 압자 축과는 수직으로 하고 자국면은 너무 거칠지 않도록 한다. 3. 소량씩 유출되어 유압유가 오일탱크⑥에 차면 시험 하중추②를 빼고 구멍으로 보충시킨다. 이때 오일에 오물이 있으면 새 오일로 보충한다. 						

[그림 2-35] 브리넬경도기 표준

브리넬 경도기의 측정방법 및 유지관리에 대한 표준서를 작성하여 관리를 하는데, 아래에서 브리넬 경도기의 사용법에 대하여 표준을 작성한 사례를 볼 수 있다. 보통 경도검사는 열처리 이후 공정에 대한 검사를 하는 것으로 켄칭, 템퍼링 후 고객이 요구하는 경도를 만족시키는지 경도검사를 통하여 품질상태를 알 수 있다.

검사수량은 KS표준의 랜덤 샘플링 검사를 하게되는데 시료수에 따라서 $N=3/LOT$ 일 경우가 많다. 아래의 양식은 실제로 경도검사를 하고 해당 값을 기재한 내용이다.

경도 검사 일보

구분	작성	인용	출처

2015년 9월 4일 금요일

작성자 :

[illegible]

[그림 2-36] 경도검사 일보 양식

3) 비커스 경도

비커스 경도기는 1925년 영국의 R.Smith, G Sandland에 의해서 개발된 시험기로 1930년대의 질화강의 표면 경화층을 측정하는데 주로 사용되었다. 비커스 경도기는 주로 피측정물의 비교적 얇은 형태의 시편을 측정하기 편리하여 현재까지 널리 사용되는 경도기의 일종이다. 비커스 경도기는 브리넬 경도기와 같이 압흔흔적을 내는 원리는 같지만, 10mm 강구 대신 다이아몬드를 사용한다. 다이아몬드의 형태는 136° 정사각형의 형태로 피측정물의 표면에 역시 흔적을 나타내고 그 치수를 읽어서 경도 값을 정하는 원리이다.



[사진 2-89] 비커스 경도기

4) 로크웰 경도기

로크웰 경도기는 1919년 미국의 S. P. Rockwell에 의해서 개발되었으며 C. H. Wilson에 의해서 본격적으로 실용화되었다. 로크웰 경도기는 .588mm의 강구를 사용할 경우(B스케일)와 각도 120° 의 반경 0.2mm의 다이아몬드를 사용할 경우(C스케일)로 크게 두 가지 방법으로 나뉜다. 로크웰 측정값은 표시는 B스케일의 경우 HRB로 표시를 하고 C스케일의 경우 HRC로 표기를 한다. 로크웰 경도 시험방법은 시험기가 소형으로 가벼워서 운반과 사용이 용이하고 장비의 가격도 저렴하여 현재 널리 사용되고 있다.



[사진 2-90] 로크웰경도기

5) 물성치 검사 (기계적 성질검사)

(가) 인장시험 인장시험은 인장시험편을 제품 혹은 원자재에서 채취하여 KS표준에 의거하여 시험편을 제작하고 만능재료 시험기를 이용하여 시험을 하여 결과 값을 도출하는 방법이다. 만능재료 시험기는 일반적으로 인장시험, 압축시험, 굽힘시험을 할 수가 있다. 최근의 시험기는 디지털 방식으로 시험편의 치수를 측정 후 컴퓨터에 입력만 하면 측정 값과 합·부 판정을 즉시 나타내도록 되어 있다. 아래의 만능재료 시험기는 비교적 적은 힘이 필요한 시험기로서 하중이 1,000kg 미만이지만 필요 하중의 크기에 따라 50ton의 시험기가 사용되기도 한다. 단조성형에서 일반적으로 사용하는 시험편의 크기는 정형시험편으로 4호 시험편, 10호 시험편, 비례 시험편 등이 있으며 해당 재질, 해당 규격에 적합한 시험편을 제작 후 시험을 실시한다. 인장 시험을 통해 얻을 수 있는 시험 값은 인장강도, 항복강도, 연신율, 단면 수축률 등이 있다.



[사진 2-91] 인장시험편 시험 전



[사진 2-92] 인장 시험기

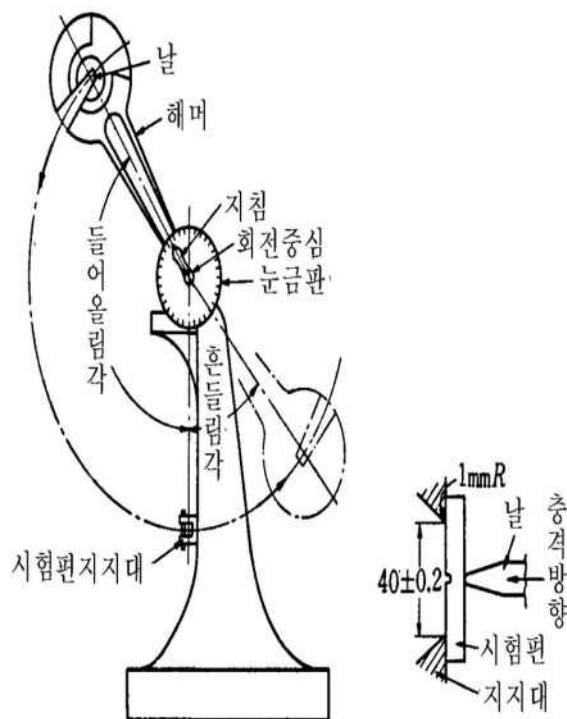
아래의 사진은 인장 시험편을 시험 후 시험편이 절단된 형상이며 중앙 부분이 절단된 것을 확인할 수 있다.



[사진 2-93] 인장시험편 시험 후

(나) 충격시험

충격 시험기와 시험원리를 사진과 그림으로 소개한다. 아래의 그림과 같이 시험편 세팅 후 해머와 날을 일정한 높이로 세팅한 다음 자유 낙하시키면 회전중심축을 중심으로 회전 운동하면서 자유낙하 한다. 그때 시험편을 타격하고 충격치의 값을 구할 수 가 있다.

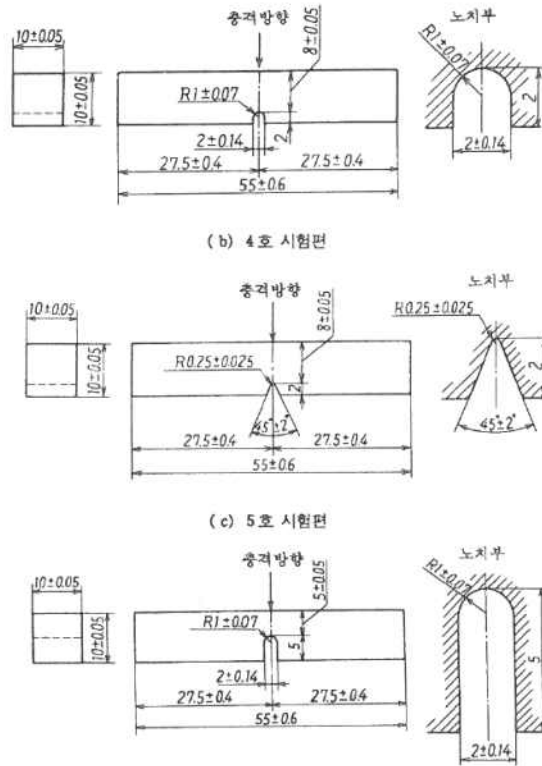


[그림 2-37] 충격시험 원리

충격시험은 원자재 또는 소재에 대한 충격을 가했을 때 견디는 힘을 측정하는 것으로 보통 충격강도가 크다고 하는 것은 그만큼 인성이 강하다는 의미다. 시험편 제작방법은 앞서 설명한 인장시험편 제작방법과 다르지 않다고 할 수 있다. 먼저 해당 제품 또는 원자재를 절단 후 아래의 그림과 같이 해당하는 시험편을 제작하면 된다. 보통 충격시험편의 홈 부위를 노치라고 하는데, 그 노치의 모양에 따라서 U 노치, V 노치 시험편이라고도 부른다. 충격 값은 보통 경도와 반비례한다. 즉 경도가 강한 시험편은 충격에 약한 원리와 같으며, 따라서 경도가 낮은 시험편은 충격에 강하므로 충격 값이 높다고 할 수 있다. 탄소강의 경우를 예로 든다면 S53C의 경우 경도가 브리넬 기준으로 HB285이고 S20C의 경우 HB160 이라고 하면, S53C와 S20C 중 어느 시험편의 충격 값이 높은지 쉽게 알 수가 있다. 충격 값은 경도와 반비례이므로 S20C 시험편의 충격 값이 더 높은 것이다. 시험대상의 기계적 특성을 고려하여 열처리의 방법과 사양 그리고 경도와 상관관계를 고려하여 시험편을 제작해야 한다.



[사진 2-94] 충격 시험기



[그림 2-38] 충격시험편

6) 비파괴검사 29)

- 비파괴검사(NDT)는 제품을 파손하지 않고 검사하는 검사방법 중의 한 분류이다.
- Nondestructive Testing(Inspection, Examination, Evaluation) : NDT, NDI, NDE 등의 약자로 표현함.
- 주요 적용대상 : 압력용기 및 배관, 철구조물, 주물, 단조제품, 항공산업
- 비파괴검사의 종류에는 10여 가지의 방법이 있다.

자분탐상검사(Magnetic Testing : MT)

초음파탐상검사(Ultrasonic Testing : UT)

침투탐상검사(Penetration Testing : PT)

자분탐상검사(Magnetic Testing : MT)

방사선투과검사(Radiographic Testing : RT)

와전류탐상검사(Eddy current Testing : ET)

누설검사(Leak Testing : LT)

중성자투과검사(Neutron Radiographic Testing : NRT)

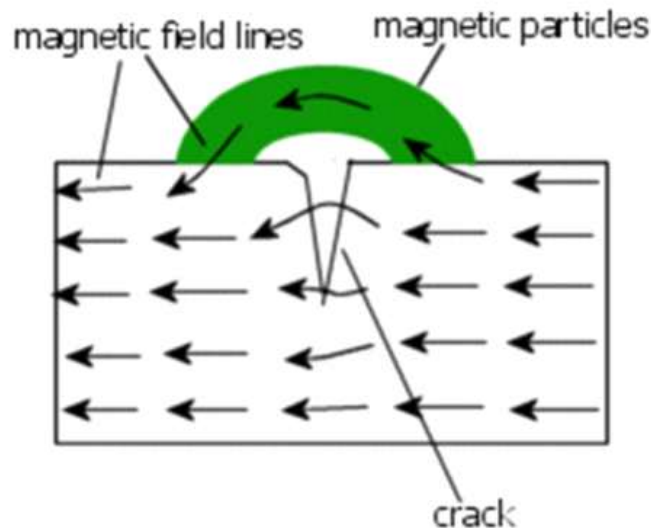
음향방출시험(Acoustic Emission Testing : AET)

육안검사(Visual Testing : VT)

- 이 중에서 단조품의 비파괴검사로 가장 많이 활용되고 있는 자분탐상검사(M.T)와 침투탐상검사(P.T), 방사선투과검사(R.T), 그리고 초음파탐상검사(U.T) 검사방법에 대하여 설명하도록 하겠다.

(가) 자분탐상검사(M.T)

단조성형제품에서 가장 일반적으로 사용하고 있는 비파괴검사방법으로 단조제품을 자석(마그네틱)으로 자화시켜서 자분말 가루를 액체화시킨 자분용액을 도포하거나, 자분액에 담그는 방법으로 진행하면, 결함부에 미세자분가루가 침투하여, 암실에서 블랙라이트로 비추어보면 결함부가 육안으로 보여 결함부위를 검사하는 방법이다. 여기서 잠깐 원리를 그림으로 보겠다. 위의 그림과 같이 결함위치에 형광 자분액이 침투하여 블랙라이트로 비추면 크랙이 보인다. 검사장비의 운영방법에 따라 고정식과 요크식으로 나눈다. 고정식은 해당 작업장에 고정화되어 있어서 제품을 해당 장비에서 검사를 하는 방식이며, 주로 다량의 제품을 단시간에 다량의 제품을 검사할 수 있는 방식이다.



[그림 2-39] 자분탐상(MT) 원리도

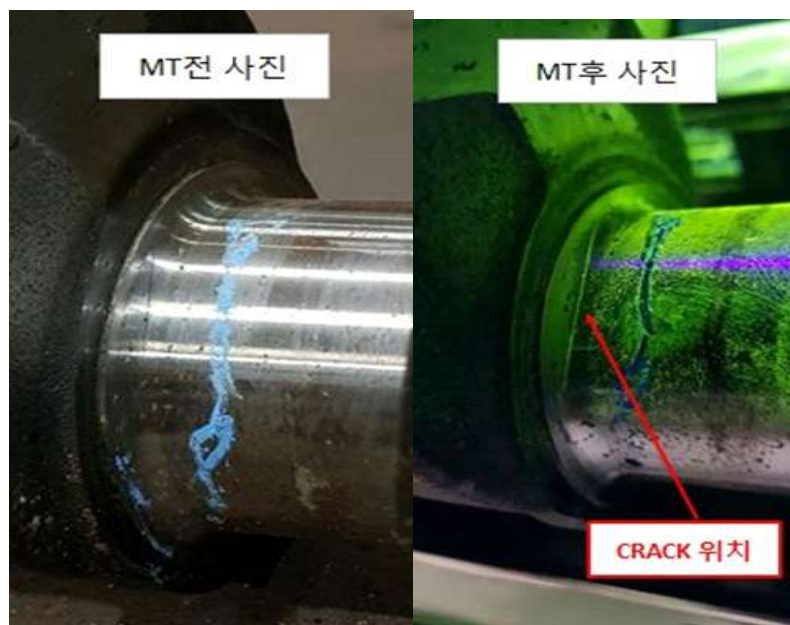
- 자분탐상장비 소개

자분탐상검사 장비는 두 가지의 형태가 있는데, 한 가지는 고정형 형태로 해당 지

점에 고정적으로 설치되어 피검사물이 이동하는 형태이며, 다른 한 가지는 포터블 (Portable) 형식으로 이동이 가능한 형태다. 아래의 장비는 고정식 자분탐상 장비이다.



[사진 2-95] 고정식비파괴검사 장비



[사진 2-96] 비파괴검사 MT 전·후 사진

형광 자분액이 도포된 제품을 암실에서 블랙라이트로 비추면 아래의 사진과 같이 결함부위가 빛이 나면서 식별이 가능하다. 탈자기의 역할은 일단 자화된 제품에 잔류 자화력이 남으면 가공 시 칩이 붙는 현상으로 인해 제품불량으로 연결되는 사례가 있을 수 있으며, 또한 제품이 엔진용으로 사용될 경우 여러 문제를 야기 시킬 수 있어서, 잔류자화를 없애주는 역할이 필요하다.

- 포터블(Portable) 형식의 자분탐상검사기 소개

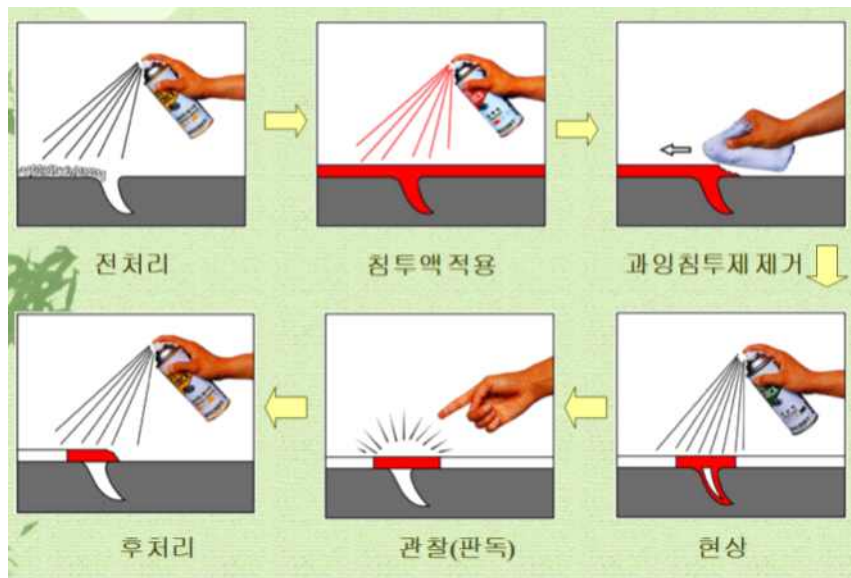


[사진 2-97] 포터블/이동식 자분탐상기

(나) 액체침투탐상검사(P.T) 액체침투탐상 검사법은 시중에 시판되고 있는 P.T액을 구매하여 사용하는 방법으로 캔의 형태로 되어 있으며, 1번 세척제, 2번 침투액, 3번 현상액으로 구분되어 있으며, 피검사물은 주로 비철금속(AL) 등에 사용된다. 먼저 제품의 표면을 세척한 후 액체 침투액(빨간색)을 피사체에 도포한 다음 약 5분 경과 후 표면을 세척하고 현상액을 도포하여 결함부위를 검사하는 방식으로 이루어진다. 세부 검사법은 아래와 같으며, 결함부위를 확대해서 살펴보면, 좌측의 그림과 같이 붉은색의 균열선이 확연히 보인다.

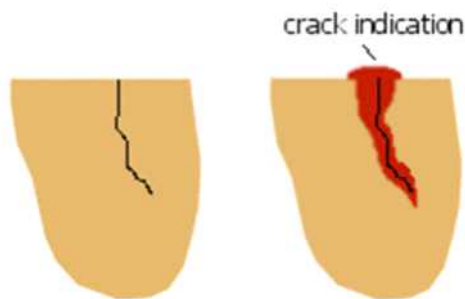
- 액체침투탐상검사의 작업순서를 살펴보겠다.

- 검사대상물의 표면을 세척스프레이를 이용하여 깨끗이 세척한다.
- 침투액을 대상물에 골고루 도포한다.
- 5분 또는 10분 경과 후 침투액을 제거한다.
- 현상액을 대상부위에 도포하고 5분간 대기한다.



(e) 육안으로 대상부위를 확인하고 조치한다.

[그림 2-40] 액체침투탐상법 소개



[그림 2-41] 액체침투탐상검사 후 결함 검출



[사진 2-98] 액체침투탐상검사 후 결함

(다) 자분탐상검사(MT)법과 액체침투탐상법(PT)의 비교

비파괴 검사방식 중 일반적으로 제일 많이 사용하는 M.T검사법과 P.T검사법의 유사점과 특징에 대하여 비교해 보겠다.

[표 2-4] 자분탐상검사(MT)와 액체침투탐상법(PT)의 비교표

항 목	자분탐상검사(M.T)	액체침투탐상검사(P.T)
적용재질	강자성체 재료	전재료(다공성 제외)
결함종류	표면 및 표면직하 결함	표면에 열려있는 결함
전처리	정밀한 전처리 불필요	정밀한 전처리 필요
검사시간	상대적으로 짧음	상대적으로 많이 소요
속 련 도	큰 속련도가 요구되지 않음	상대적으로 속련이 필요함
표면손상	ARC Burn발생 가능	표면 손상이 없음
판독	형상 등에 의한 의사 지시	의사 지시가 전혀 없음

(라) 초음파탐상검사(UT)

본 검사법은 초음파장비를 이용하여 제품 내부의 결함을 찾아내는 방법으로 표면의 내부결함을 발사 초음파대비 되돌아오는 초음파의 파형, 특이점으로 결함을 찾아내는 방식이다. 해당 장비구성은 다음과 같다.



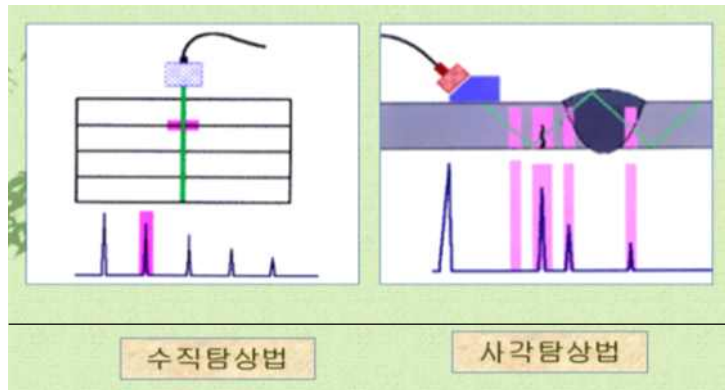
[그림 2-42] 초음파탐상기

다음은 초음파탐상검사(U.T)의 원리를 나타낸다.

검사대상품을 초음파 탐촉자를 이용하여 좌·우 검사방향으로 이동하면서 검사하는 방법. 아래의 사진은 실제로 검사하는 모습이다.



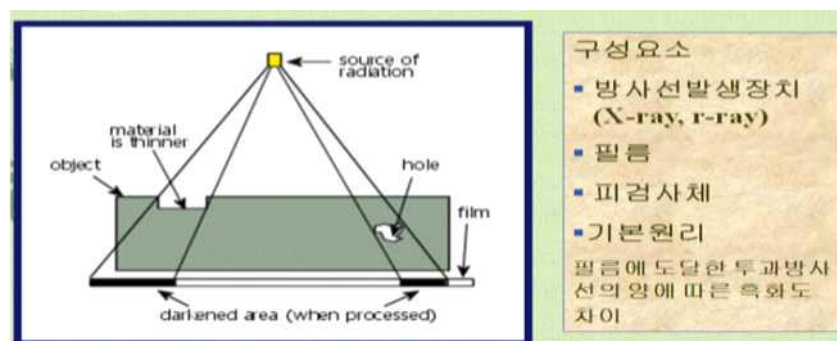
[사진 2-99] 실제 초음파탐상검사 모습



[그림 2-43] 초음파탐상기의 원리

(마) 방사선 투과검사법(X-Ray 검사법)

방사선 투과검사법은 X-Ray를 이용한 검사법이다. 외관, 표면의 결함 보다는 내부의 결함을 찾아내는 검사법으로, 의료용으로 이용하는 원리와 같다.



[그림 2-44] 방사선 투과검사의 원리-1

방사선 투과검사법의 합·부판정은 아래의 그림과 같이 결함부에는 백색으로 표시되며 명암을 구분하여 사진판독을 통하여 구분한다.



[그림 2-45] 방사선 투과검사의 원리-2



[그림 2-46] 방사선 발생장치

실제로 X-Ray 사진을 촬영하면 결함부위를 식별할 수 있으며, 결함 개소와 기준에 의거하여 합·부 판정을 내릴 수 있다. 다음의 실제로 X-Ray 촬영한 사진을 참조 바란다. 방사선 투과장비는 거치식과 휴대용식이 있으며, 사용빈도, 사용장소 등을 고려하여 선정한다.

16. 품질관리(공통) 30)

가. 품질관리 개요

품질관리의 일반적인 정의와 통계적 기법에 대하여 간략하게 설명하도록 하겠다. 앞장에서 설명한 내용과 같이 단조성형 제품의 전 공정에서 부적합품이 발생하는 원인은 무수히 많다고 할 수 있다. 단조 중 사소한 부주의로 인한 적힘부터 설계부적합까지 다양하다. 부적합품의 원인규명을 합리적이고 정확하게 하려면, 체계적이고 통계적인 Tool이 필요하다 하겠다. 이에 개발된 형식이 통계적 품질관리인 것이다. 통계적 관리기법은 최고로 경제적이면서 사용가치가 있는 제품을 생산하기 위해 관리를 위한 절차를 통계적 기법을 사용하여 분석 및 개선대책을 수립하는데 사용한다.

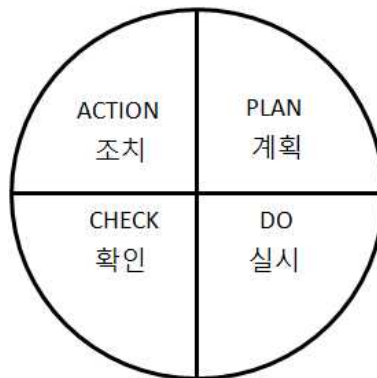
나. 품질관리의 필요조건

- 1) 품질관리에 관한 품질방침을 결정한다.
- 2) 관리 표준, 기술 표준을 정비한다.
- 3) 품질관리의 적합한 조직을 만든다.
- 4) 품질관리 계획을 작성한다.
- 5) 연구개발을 통한 우수한 제품을 생산한다.
- 6) 신제품 개발의 합리적인 방안을 강구한다.
- 7) 품질을 설계한다.
- 8) 공정과 작업의 적합한 방안을 강구한다.
- 9) 시험 검사활동을 실시한다.
- 10) 교육 훈련계획을 수립하여 실시한다.
- 11) 계측기 관리를 실시한다.
- 12) 설비 방안을 강구한다.
- 13) 재발 방지 및 시정 조치를 계획한다.
- 14) 특채 제도를 계획한다.
- 15) 도면, 사양서 등을 관리한다.
- 16) 품질관리의 검사평가를 한다.
- 17) 통계적 기법을 활용한다.

30) NCS 분류번호 : 부적합품 조치 및 식별표시 이해하기 (1601030205_14v3.3)

다. 품질관리 Cycle

제품의 수주부터 애프터서비스까지의 일련의 활동을 도식으로 나타낼 수 있는데 이것을 가리켜 품질관리 Cycle이라고 부르며, PDCA Cycle이라고도 한다.



[그림 2-47] 품질관리 Cycle

- 1) 계획 (PLAN) - 개선하고자 하는 목표와 기준을 정한다.
(작업방법 개선, 원자재 의 품질개선, 장비, 치구, 검사방법의 개선 등)
- 2) 시행 (DO) - 개선하고자 하는 목표 방법대로 시행하는 것.
(작업표준, 방법의 교육, 훈련 등)
- 3) 확인 (CHECK) - 개선효과를 파악하고 그 결과를 조사함.
(개선방안을 실시한 후 결과에 대하여 확인하고 조사함)
- 4) 실시 (ACTION) - 개선효과를 조사한 후 재실시 또는 재개선 실시.

라. 부적합 용어의 정의 ³¹⁾

단조성형 중 발생하는 부적합품은 발생 원인별 대응과 대책이 달라져야 한다. 즉 여러 가지 원인에 대한 대책이 각 요소별로 달라져야 한다는 뜻이다.

- 1) 부적합 : 규정된 요구사항의 불충족.
- 2) ‘부적합품의 처리’ : 부적합품을 해결하기 위하여 현존하는 부적합 실체를 처리하는데 취해진 조치를 말한다.
- 3) 특채 : 검사대상물이 검사규격을 벗어남으로서 원칙적으로는 사용할 수 없는 것을 고객의 승인 또는 관련부서와 협의하여 예외적으로 특별히 채용하는 것.
- 4) 재작업 : 규정된 요구사항을 만족하기 위하여 부적합품에 취하는 조치를

31) 부적합품 조치 및 식별표시 이해하기 (LM1601030205_14v3.3)

말한다.

- 5) 수정(보수) : 원래 규정된 요구사항에는 적합하지 않지만 사용상의 요구사항을 충족시키기 위하여 부적합품에 취해진 조치
- 6) 폐기 : 규정된 요구사항에 적합하지 않아 특채, 재작업, 수정 등을 할 수 없는 경우
- 7) 반제품 : 최종완성 되기 전의 제품을 말한다.

마. 부적합품의 처리 절차

1) 부적합품 발생/처리

- (가) 단조성형 공정 중 발생한 불량, 열처리 후 수입검사 시 발생한 불량, 원, 부자재 입고 시 불합격한 자재, 제품에 대하여 합·부 판정을 한다.
- (나) 합격된 제품, 반제품, 원·부자재들은 정상적인 공정을 흐르게 하며, 부적합 제품은 별도의 부적합품 처리절차에 따른다.
- (다) 발생한 부적합품은 별도의 식별표시(예 부적합 꼬리표, 부적합 태그, 제품에 기재)를 하며, 별도의 공간을 확보하여 별도 관리를 해야만 한다.
- (라) 발생한 부적합품은 처리절차에 의거하여 수정, 특채, 재작업, 그대로 사용 등의 판정을 거쳐서 처리한다. 다음은 부적합품 처리 절차 중 부적합품 조치하기에 대하여 알아보겠다. 먼저 부적합품이 발생하면 식별표시(예, 부적합품 태그)를 부착하여 격리시키고, 적합품의 유형을 기준으로 재작업, 수정, 폐기, 또는 그대로 사용 중 부적합품의 상태를 파악하여 부적합품 관리 절차에 따라서 조치하고, 그 부적합 정보를 활용하여 시정 및 예방조치를 취해야 한다.



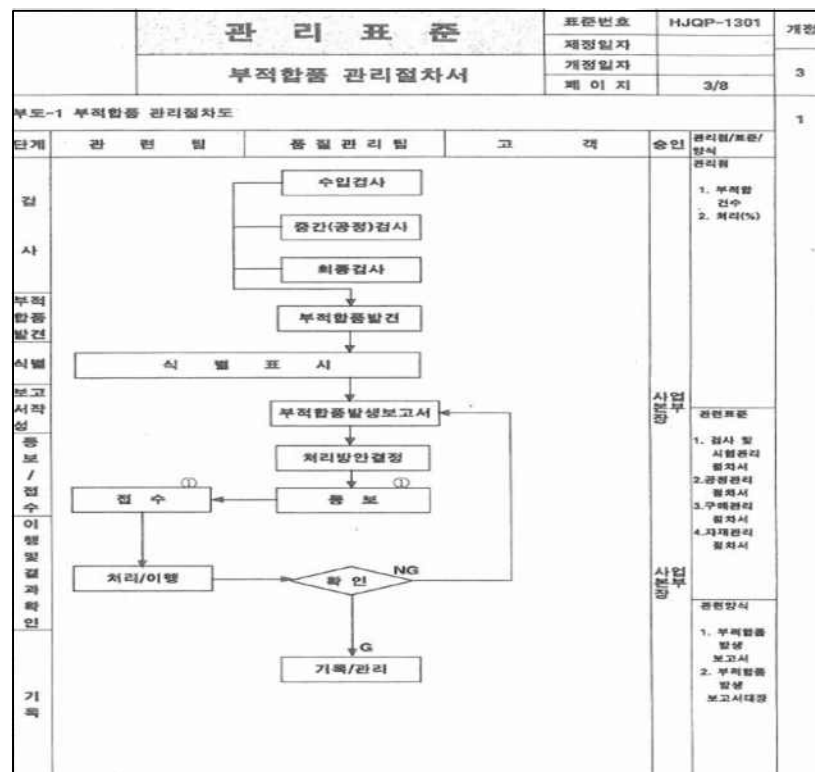
[사진 2-100] 부적합품 식별



[사진 2-101] 현장의 품질교육

2) 부적합품 관리절차 32)

부적합품이 발생하는 순간부터 후속 조치하는 공정까지를 일련의 프로세스로 정하여 아래의 절차서에 의거하여 진행한다.

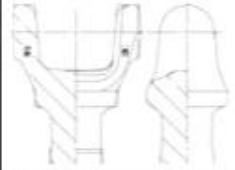


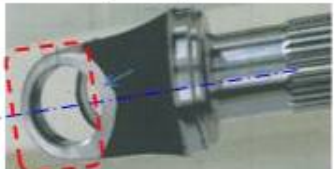


[그림 2-48] 부적합품 관리절차

32) NCS 분류번호 : 부적합품 조치 및 식별표시 이해하기 (1601030205_14v3.3)

3) 부적합품 발생보고서 작성하기³³⁾

부적합품 발생 보고서는 아래의 양식과 같이 문서번호, 품명, 규격, 불량 현상 등을 작성하여 해당 부서에 발송하고, 부서간의 회의를 거쳐서 부적합품 절차에 따라서 처리하며, 그 결과를 기록 관리하여 재발방지 대책을 수립하여야 하고, 이후 개선 대책은 PDCA Cycle을 활용하여 예방조치를 취한다.

부적합품 발생 보고서		결	작 성	검 토	검 토	승 인
		재				
문서번호	QM13-06-1	작성일자	2013년 06월 07일			
부 서 명	품질경영팀	보 고 자				
제 목	000 품질문제 보고의 건					
- 아 래 -						
1. 품 명 :						
2. 규 격 :						
3. 수 량 :						
4. 현 상						
① 단조도면과 실제품 형상 상이 (알강제품과 당사제품 상이)						
구 분	단조도면	알강 제품	포매탈 제품	비 고		
형 상						
② 불량내용/개선대책						
- Spec : Max 0.4						
- Act : 1.0 - 1.5						
						
5. 불량 수량 및 손실 비용						
구 분	불량 수량 (Pcs)	손실 비용(₩)				비 고
		단조비	가공비	조립비	Total	
단조품						
가공품						
조립품						
Total		-	-	-	-	

[그림 2-49] 부적합품 발생보고서 양식

33) NCS 분류번호 : 부적합품 조치 및 식별표시 이해하기 (1601030205_14v3.3)

4) 제품의 초·중·종품 검사

제품의 조·중·종품은 별도로 보관하여 구분하고 해당 제품의 성적서 한도
건본 등도 게시하여 제품검사에 활용하도록 한다.



[사진 2-102] 초,중,종품 검사

5) 단조작업 표준³⁴⁾



단조작업 표준의 관리 항목은 무엇이 있는지 파악하여야 한다.






(가) 재질은 적합한지, 중량은 맞는지, 금형 상태는 양호한지 파악한다.

(나) 금형 예열온도는 표면접촉 온도계를 사용하여 확인한다.

(다) 자주검사 성적서는 준비되어 있는지 파악한다.

(라)제품검사 시 부적합이 발생하는지 검사하고 조치한다.

단 조 (라 인) 작 업 표 준					문헌번호 FPF-3121(38)
공정명	작업명	용도	규격	차질	제출일자 2010.04.06
단 조	마루선	SHAFT COMP(PCFS)	XL F50SEBASA1 000	S5SC	작성일자 2012.05.11
주요근거도					
					규합참치 : 150KH0K155.5/150.5 PRESS 규형
					TRM참치: 단독식
					주기 I 공칭 상, 하한의 차이 크기는 0.15mm 이내 일 것
소재규격	JIS40C	가열온도속도 950mm/min	단조종비	1300E PRESS	
소재중량	0.59kg	가열로 출력(kW)	200kW	특수인장시험	160E PRESS
재료중량	0.6kg	단조시간(sec/ea)	12 sec/ea		
확인순서 및 방법					
작업 순서	순서	작업 순 서	작업 조건	확인	
	1	작업지시서를 따라 소재 및 공정을 준비한다.	소재 두께 2.40 중량 0.93 kg.	재질, 중량, 치경	
	2	윤바를 윤 이상없음.		밀접금속표	
	3	고온 Setting 한다.			
	4	고온을 매질한다.	150℃ ~ 200℃	표면처리 온도대	
	5	소재를 가열한다.	1150℃ - 1250℃	냉각유체	
	6	초냉각 처리 실시한다.			
	7	소재를 냉사한다.	감압방, 열상, 지우	공정검사생체서	
8	후랭리사 결과에 따라 성격이무게 재질링 또는 부위만 산별한다.				

순서	작업 순서	작업 조건	확인	
1	가열소재를 투입한다. (1EA / 12sec)			
2	1차 황다만조른다. (단각회수 1회)	 	무게, 색상 및 길이	
3	2차 황다만조른다. (단각회수 1회)		무게, 색상 및 길이	
4	Burner 제거한다.	160C Press	Burn과리	
5	관사를 삽입한다.	삽입관사3CA (초, 호, 발 or 수지)	삽입관사서	
중 단 성				
NO	계정일자	계정내용	계정근거	확인
1				

[그림 2-50] 단조작업표준 사례

34) NCS 분류번호 : 단조성형 공정의 이해 (1601030205_14v3.2)

6) 관리계획서 이해하기

기준에 맞는 제품을 생산하려면 먼저 고객의 요구사항을 이해하고 도면화하여 표준을 작성해야 한다. 해당표준과 도면에 근거하여 원재료부터 최종출하 시까지의 전 공정을 관리할 수 있는 검사계획을 수립하는데 그것을 관리계획서 또는 QC 공정도 라고 한다.

구 분		■ 초도품 □ 양산품		관 리 계 획 서				최초작성일자		2005년 12월 22일	
관리계획번호		HJQP-322-105						개정일자			
부품번호/최신변경수준		299-20203		고객기술승인/일자				작성자/전화번호			
부 품 명		CRANK SHAFT		고객품질승인/일자				공급자/공장승인/일자			
공급자/공장(부서)				기타승인/일자				기타승인/일자			
상 호 기 능 팀		품질	검토자 : 팀 장 :	생산	검토자 : 팀 장 :	구매	검토자 : 팀 장 :	영업	검토자 : 팀 장 :	기술	검토자 : 팀 장 :
부품공정 번호	공정명/작업설명	제조를위한 기계, 장치,지그,공구	특 성			특별특성 분류	방 법				대응계획
			번 호	제 품	공 정		제품/공정사양/공차	평가측정방법	크 기	주 기	
1	재료입고										
2	원재료검사			성분			S45C	mill/sheet	1회	LOT	수입검사
				겉모양			유해결함없을것	육안	100%	LOT	수입검사
				외경			ø45± 0.25	V/C	1EA	1묶음	수입검사
3	절단	B/SAW ø450		절단중량			1.9Kg± 0.15	저울 (30kg/100g)	초물	SET UP시	절단작업 지시서
				절단상태			유해결함없을것	육안	초물	SET UP시	자주검사
4	가열	전기가열로(450KW)		가열상태			과열 상태 없을것	육안	초물	SET UP시	
				가열온도			1150℃~1250℃	광온계	초물	SET UP시	자주검사 및 공정검사
5	형단조	1.5t A.D.H. 금형		겉모양			유해결함없을것	육안	3EA	초중중물	자주검사 및 공정검사
				두께			27.0 ^{+1.5} _{-0.5}				
				형어긋남			±0.7	V/C	3EA	초중중물	자주검사 및 공정검사

부품공정 번호	공정명/작업설명	제조를위한 기계, 장치,지그,공구	특 성			특별특성 분류	방 법				대응계획
			번 호	제 품	공 정		제품/공정사양/공차	평가측정방법	크 기	주 기	
6	TRIM	200t PRESS 금형(단통식)		BURR남음			≤0.8	V/C	3EA	초중중물	자주검사 및 공정검사
				변형			≤0.8	H/G	3EA	초중중물	자주검사 및 공정검사
7	공정검사	V/C, H/G		제품 치수			±27.0 ^{+1.5} _{-0.7}	V/C	3EA	초중중물	자주검사 및 공정검사
				형 어긋남			0.7㎜	V/C	3EA	초중중물	자주검사 및 공정검사
				변형			0.8㎜	H/G	3EA	초중중물	자주검사 및 공정검사
8	열처리	연속로 (750Kg/hr)		경도			N, T(HB 167-229)	브리넬경도계	1회	LOT	R-R관리도
				온도,시간				온도계 타이머	1회	LOT	열처리성적서
				광학현미경			조직	광학현미경	1회	LOT	조직사진
9	SHOT BLAST	SHOT기 (750Kg/hr)		스케일			스케일없을것	육안	1회	매작업 PALLET	작업지시서
10	자분탈상검사	MPI(3000A)		결함			결함없을것 유해결함없을것	육안	100%	LOT	MPI성적서및 작업지시서
11	제품검사			겉모양			결함없을것 유해결함없을것	육안	100%	LOT	검사기준성적 서
				치수			도면 SPEC.	V/C, H/G	5EA	LOT	검사기준성적 서
12	포장	BOX		수량			지정 수량		100%	LOT	출하지시서
				BOX							
13	출하										

[그림 2-51] 관리계획서 표준사례

7) FMEA(잠재적 고장형태 및 영향분석) 이해하기

제품의 개발 전에 사전에 미리 4M 관점에서 점검해보고 불량 발생요인, 안전요인 등이 고객의 요구사항에 부합하는지 사전점검의 시스템으로 사용한다. 원소재의 조달부터 절단공정으로 거쳐 단조, 트리밍, 열처리, 출하까지의 전 공정을 사전에 철저히 검증도구이다.

잠재적 고장형태 및 영향분석(공정 FMEA)										FMEA번호		HJQF-324001																					
부품명	YOKE EXHAUST		품 번	H17/28 (B92-052657-9)		공정책임		생산:고남중		작 성 자	이윤철/031-362-7322																						
도면년도/차종	-		완료예정일		2009년 11월 27일		FMEA최초작성일		2009년 11월 27일		최근개정일																						
상호기능		품	타	장:	생	타	장:	구	타	장:	영	타	장:	개	타	장:	조치결과																
공정기능 요구사항	잠재적 고장형태		고장의 잠재적 영향		신상	분류	고장의 잠재적 원인/메카니즘		발생	도	현상관리		신상	분류	원고최치사항		책임 및 목표	원료예정일	조치내용	심	각	도	발	생	감	소	도	잔	류	위	험	도	
1.원소재검사 +제품소재	성분이재	기계적성질불량	5	원소재불량	1	MILL/SHEET 라벨표시확인	1	5	없음																								
	소재크랙	단조결함	5	원소재불량	1	육안검사	2	10	없음																								
2.절단	충격미달	결속	3	절단설정값이오류	2	셋팅치수확인 충격CHECK(자주검사)	1	6	없음																								
+단조작업시제품 성형공차합격 합용량확보	절단면파괴	단조결함	6	충격미달	1	충격/SET UP시	2	12	없음																								
	이재혼입	기계적성질불량	7	작업자 실수	1	라벨표시확인	1	7	라벨표시누락방지	생산:고남중 11월 26일	라벨표시확인	4	1	1	4																		
3.가열	-절단소재용단조 성형공차에적합 한온도로 가열	과열	6	온도조각 변경발생	2	온도 자동조절 장치에 외한 CONTROL	2	24	휴대용 온도계로 SET UP시 확인	생산:고남중 11월 27일	SET UP시확인 가능	6	1	1	6																		
		scale 발생 과다로 인한 결속발생	4	온도조각 변경발생	2	온도 자동조절 장치에 외한 CONTROL	2	16	휴대용 온도계로 SET UP시 확인	생산:고남중 11월 27일	SET UP시확인 가능	2	1	1	2																		
4.형단조 +제품성형	검침	제품파괴,크랙발생	7	형타부족	3	단조작업표준에의함	3	63	규정개선	생산:고남중 개발:오상호 11월 27일	작업자교육 효과 큼	7	1	1	7																		
	결속	미가공발생	4	형타 가압력 미달 형타 부족	4	형타 가압력 조정 단조작업표준에의함	2	32	작업자교육 규정개선	생산:고남중 개발:오상호 11월 27일	작업자교육 효과 큼	4	2	2	16																		
	형어긋남	리깁불량,미가공발생	4	규정 SETTING 불량 RAM GUIDE 틀서불량	3	규정 SETTING시 기온연 육안확인	2	24	충전공을 자주검사 및 규정검사	생산:고남중 11월 27일		4	2	1	8																		
	두께치수 과소,과대	미가공부발생 공구마모심함	7	절단공정과부족 FLASH LAND부적합 타격력 및 타격횟수과부족	3	충격CHECK FLASH LAND검사 작업자확인	2	42	충전공을 자주 규정개선 검사 및 규정검사	생산:고남중 개발:오상호 11월 27일	두께공차내 안정	4	2	1	8																		

[그림 2-52] FMEA의 표준사례

8) 제품의 특성 이해하기³⁵⁾

제품의 수주부터 고객의 요구사항을 파악하고 제품실현을 하기 위하여는 도면 제작, 단조작업표준 작성, 관리계획서 작성 등, 여러가지 도구를 이용하여 제품을 설계, 생산한다. 최근 고객사에서는 제품의 용도와 부하에 대하여 높은 관심도를 가지고 있으며, 그에 맞는 높은 수준의 품질을 요구하고 있다. 다음의 그림에는 단조공정으로만 구현할 수 있는 메탈 플로우 형성이나 시뮬레이션을 통한 사전품질 검증 시스템이 사용되고 있다.

(가) 메탈 플로우(Metal Flow)

가압성형에 의해 재료의 결정조직은 변형에 따라서 단류선이 생긴다. 이선의 방향

35) NCS 분류번호 : 부적합품 조치 및 식별표시 이해하기 (1601030205_14v3.3)

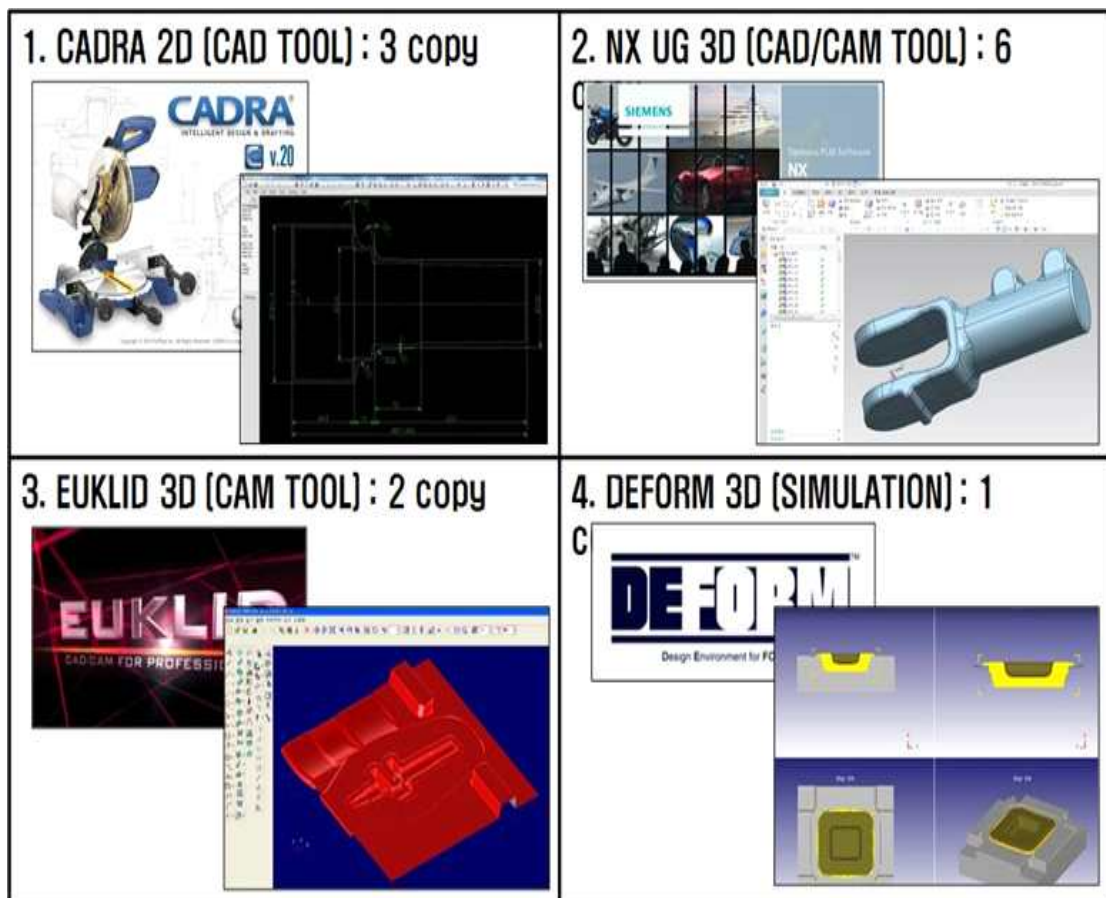
은 그것과 직각 방향 보다 기계적 성질이 높다. 따라서 단조품의 사용에 있어서 이 단류선이 절단되지 않도록 하고 또 가공 시에도 주의하여 성형이 되도록 하여야 한다.



[그림 2-53] 메탈플로우 원리

(나) 설계해석 시뮬레이션을 이용한 해석 프로그램 활성화

최신 설계프로그램을 이용하여 최적설계로 양질의 제품을 경쟁력 있게 공급하기 위한 프로그램의 범용화 확대

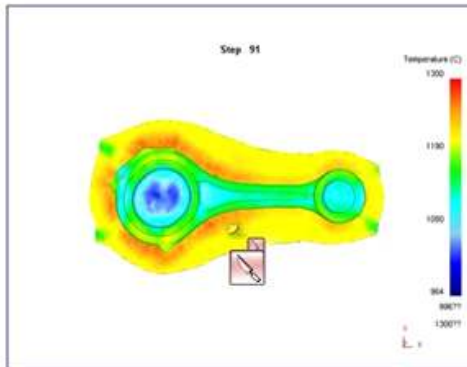


[그림 2-54] 설계 시뮬레이션 프로그램

(다) 온도와 응력을 고려한 최적 설계 프로그램 사용사례

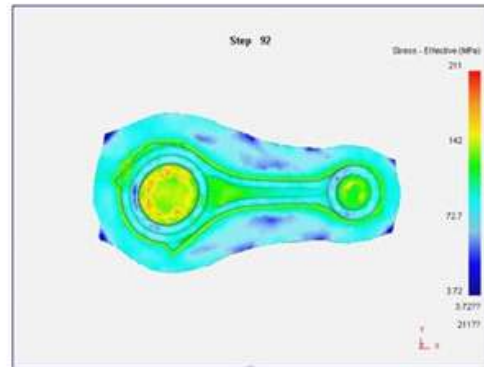
컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 온도와 응력의 취약구간을 사전에 숙지하고 금형설계 시 반영하여 보다 양질의 제품을 효율적으로 생산할 수 있는 시스템을 실현하고 있다.

[3] 온도에 의한 변형[마모]



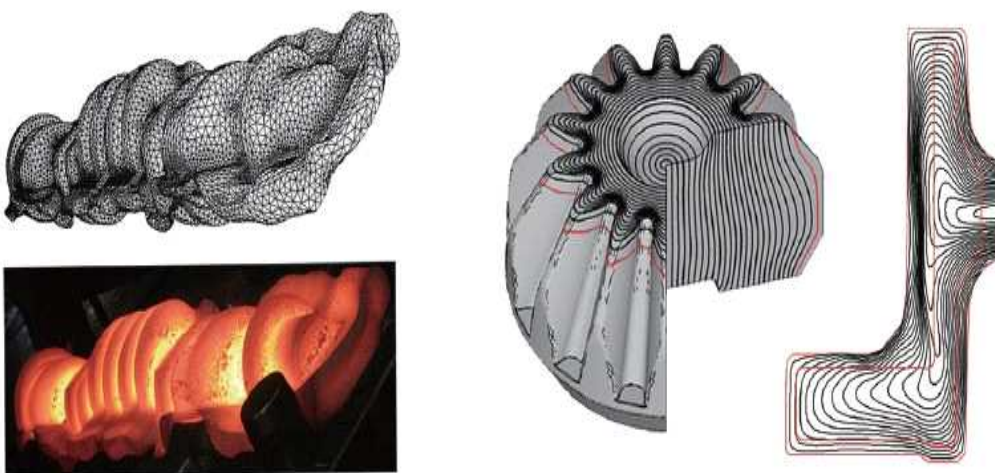
- 적색으로 표시되는 부분이 단조시 열분포가 높게 형성되는 곳으로 단조금형이 단조품의 형성시에 고온에 의하여 마모가 많이 되는 부위임

[4] 응력에 의한 변형[마모]



- 녹색으로 표시되는 부분이 응력이 높게 형성 및 금형의 마모가 발생하기 쉬운 부위로 온도에 의한 변형이 발생하기 쉬운 부위와 중복되는 부위가 금형에서 마모가 가장 빠르게 발생됨
- 100MPa이상 표시되는 부위 : 마모가 시작되는 기준으로 관리 진행 필요

[그림 2-55] 설계 시뮬레이션 사례 1



[그림 2-56] 설계 시뮬레이션 사례 2

17. 설비관리(공통)³⁶⁾

가. 설비관리의 개요

1) TPM 설비관리 개요

단조장비는 해머주력의 시기부터 프레스주력의 시기까지 변화하여 점점 더 복잡 다단화 되어가고 있으며, 최근에는 자동화도 점점 더 진행되고 있다. 또한 핫포머 등 고속자동화 단조설비가 증가하고 있는 추세이며, 성능은 좋아지면서 다기능의 설비가 속속히 개발되고 있다. 따라서 좋은 설비를 가지고 있다고 해서 생산성이 좋은 상태를 유지하는 것은 아니고 그 설비를 어떻게 유지하고 관리하느냐에 따라서 생산성이 좌우된다고 할 수 있다. 설비관리에 대한 방법에는 여러 방안이 있는데 그중에 대표적인 설비관리 방법에 대하여 소개하도록 하겠다. 우선 설비관리 방법에는 회사 전 직원이 참여하는 PM활동이 있는데, 이는 경영진의 대표로부터 종업원에 이르기까지 전원이 참가하는 설비관리 기법으로, 설비유지 관리의 향상방안, 생산설비 보전활동을 전개하는 것이다. 이른바 TPM 활동이 그것인데, 종래의 단순한 PM 활동과는 다른 개념으로 즉, 설비의 단순한 관리 활동이 아닌 설비의 일생 주기관리를 말하는 것으로 좀 더 넓은 의미를 뜻한다고 하겠다.

2) 설비관리의 목적

설비관리의 중요성에 대하여는 앞에서 언급하였지만, 설비관리의 주요 목적에 대하여 세부적으로 접근해 보도록 하겠다. 설비관리란 광의의 의미로 「설비의 계획과 보전관리」를 말하는 것으로 설비의 생애주기 관리인 것이다.

(가) 설비계획의 최적화

- (1) 보전예방에 의한 설비계획
- (2) 설비의 경제성 검토와 계획
- (3) 설비변경 검토에 따른 투자계획

(나) 설비보전의 최적화

- (1) 최적보전계획의 작성과 실시
- (2) 개량개선에 의한 설비개선
- (3) 최적예비 부품관리
- (4) 보전 예산의 관리
- (5) 정비품질 향상을 위한 정비 Skill 교육

36) NCS 분류번호 : 설비관리에 대한이해 (1601030205_14v3.5)

3) 생산보전

예방보전(Preventive Maintenance)이라는 의미로 우리나라에 소개된 예방보전(PM) 방법은 생산보전(Productive Maintenance), 즉 PM이라는 뜻으로도 사용되고 있다. 생산을 하기 위한 설비를 보전한다는 의미에서 같은 의미로 사용되고 있다고 할 수 있다.

생산은 경제적이고 최적화된 조건에서 할 수 있도록 설비를 효율적으로 유지, 관리해야 하기 때문이다. 최소의 비용으로 설비관리가 되도록 해야 하며, 설비를 언제든지 사용할 수 있도록 해야 한다. 위의 내용과 같이 생산보전 활동은 크게 4가지 유형으로 관리되어야 하는데, 생산보전 활동에 대한 4가지 방법에 대하여 알아보도록 하겠다.

(가) 예방보전 (P.M : Preventive Maintenance)

현재 사용하고 있는 설비가 고장 나기 전에, 더욱 나빠지기 전에 사전에 부품 교환이나 사전 점검을 통해서 예방하는 방법이다. 그러기 위해서는 설비를 사용하는 담당자가 매일 일상점검을 통하여 설비의 상태를 점검하고, 또한 정기적인 계획을 통해서 사전점검 하는 것이 대단히 중요하다. 일상점검을 태만히 하거나 점검을 거르는 사례가 빈번하다면 예방보전은 실현 불가능한 일이 될 것이다.



[표 2-5] 생산보존 맵

(나) 사후보전 (B.M : Breakdown Maintenance)

사용 중인 설비가 고장을 일으켜 정지 상태이거나 또는 성능이 현저하게 저하된 상태에서 수리를 하는 방법을 뜻한다. 대부분의 수리 또는 보전 형태가 사후보전

에 속한다고 할 수 있다.

(다) 개량보전 (C.M : Corrective Maintenance)

설비 자체의 본질을 개량하는 보전방법으로, 크게 나누어 신뢰성 향상 차원의 개량보전과 보전성 향상을 위한 개량보전의 두 가지 방법이 있다.

(1) 신뢰성 향상을 위한 개량보전 고장이 발생했을 때 그 원인을 분석하고 동일 고장이 재발하지 않도록 조치를 취하는 것으로 설비의 강도를 높이거나, 재질변경, 구조 변경 등이 해당된다.

(2) 보전성 향상을 위한 개량보전

고장부위 수리가 어려운 곳이나 보전을 확인하기가 어려운 곳의 개량을 위하여 수리를 용이하게 할 수 있도록 개선을 하는 것을 개량보전이라고 한다. 모터의 커버를 바꾼다던지 커버를 열고 닫는 방법이 용이하게 개량하는 것 등이 해당한다.

4) 전원참가 PM의 정의

보전예방 방법 중 설비예방 보전에는 경영자에서부터 현장의 작업자까지 전원 참가 원칙이 있으며, 전원참가 PM의 목적은 다음과 같다.

(가) 설비효율을 최고로 올릴 수 있도록 한다.

(나) 설비주기 관리를 위하여 설비이력카드를 작성, 관리한다.

(다) 설비의 계획부문, 사용부문, 보전부문을 구분하여 관리하고 경영자로부터 현장작업자에게 이르기까지 전원 참가에 목적이 있으며

(라) 동기부여를 통한 소그룹 자주보전 활동을 전개하여 PM을 추진한다.

5) 설비관리 예방점검 방법

(가) 설비관리의 기초는 설비의 일상점검 기준서를 작성하여 게시하고 그 기준으로 매일 점검하는 것이다. 아래의 일상점검 기준서는 해머설비의 일상점검 기준서로서 점검부위와 점검항목을 육안점검 또는 게이지를 활용하여 점검하도록 되어 있다. 또한 점검 시 판정기준과 조치사항도 기재되어 있으므로 증시 확인 및 조치가 가능하도록 되어 있다.

점검부위	No	점검항목	점검방법	판정기준 및 조치사항	점검주기
운행	1	벨 가이드 운행상태	육안검사	운행상태 관찰 할 것 (정상, 비정상, 보충)	매일
기계	2	에어압력	게이지 확인	5 ~ 7kg/cm ²	매일
기계	3	가이드 고정 볼트 고정상태	육안검사	볼트 풀림부위 있으면 조임 실시 (정상, 풀림, 조임)	매일
기계	4	프레임 볼트, 스프링 체결상태	육안검사	볼트 풀림부위 있으면 조임 실시 (정상, 풀림, 조임)	매일
기계	5	상부 실린더 고정 볼트 체결상태	육안검사	볼트 풀림부위 있으면 조임 실시 (정상, 풀림, 조임)	매일
기타	6	해머 청소상태	육안검사	스케일등 이물질 청소 유무 (유, 무)	매일

[그림 2-57] 일상설비점검기준서

설비 번호	FO-PM-03	설비 일상 점검표 (2014년 10월)			작성		검토		승인																											
설비 명	CNC수직선반 (LV-800R)																																			
간략도		장비사진		1. 혁 압력		2. 승동유 레벨		3. 유압 유닛																												
순번	점검항목	점검기준	주거	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	비고	
1	혁 압력	압력 (19~20bar)	확인 (지시자)																																	
2	승동유 확인	레벨 (2/3 이상)	확인 (지시자)																																	
3	유압 유닛	압력 (50~60kg)	확인 (지시자)																																	
4	혁 그레스 주입	확인	주 1회																																	
5	각 축 Motor 및 Bearing 소음상태 이상유무	청각	확인																																	
6	각축 밀착력기 확인	확인	확인																																	
7	스위치 표시램프 작동유무	확인	확인																																	
8	축 소음 (X,Z)	청각	확인																																	
9	본 작동상태	확인	확인																																	
10	오일 누유상태	확인	확인																																	
점검자																																				
특이사항																																				
점검방법 : ○ 정상, △ 보수요망, X 교체요망, □ 보충, / 해당무, 표시자(수치가합)																																				

[표 2-6] 설비일상점검표

일상점검표를 지속적으로 관리를 하면 데이터가 축적이 되어간다. 주간, 월간, 연간 자료들이 집합되어 하나의 중요한 정보가 되는 것이다. 이러한 중요한 정보를 바탕으로 다음해의 목표들을 수립하는데 사용할 수 있는데, 예를 들면 ‘장비 고장률 50hr/1년’이라는 목표를 세울 수도 있고 여러 가지 지표를 기준삼아 보다 양호한 실적을 나타내기 위하여 설비보전에 전념을 할 수도 있다. 아래의 그림은 현장에 게시한 설비보전의 목표와 연간 활동 현황에 따라 관리해 가는 사례를 보여 준다.

설비관리 담당자의 얼굴도 게시하고 연간 목표를 게시하여 눈에 보이는 관리를 하고 있는 사례이다. 쉽게 공구를 사용하도록 공구의 그림을 게시판에 그려 넣어서

찾기 Loss를 줄이는 방법도 사용된다.



[사진 2-103] 눈에 보이는 관리

(나) 눈으로 보는 관리 37) 설비의 이상 징후를 단시간 안에 발견할 수 있는 방법에는 여러 가지 방법이 있을 수 있는데, 대표적인 방법이 「눈으로 보이는 관리」라는 방법이다. 이것은 문제점이나 이상을 눈으로 보아 알 수 있게 하여 전원이, 현장에서, 현물에 의해 즉시 대처하도록 함으로써 생산의 효율화와 원가절감, 관리업무의 간소화와 관리능력의 향상을 실현할 수 있다. 다음은 눈으로 보는 관리의 종류에 대하여 설명하도록 하겠다.

(1) 미터기의 한계 표시방법

압력게이지, 전류게이지 등의 정상 압력대를 녹색으로 표시하고, 비정상 압력대는 노란색을 표시하여 구분하여 놓으면, 게이지가 현재 녹색에 위치했는지, 노란색에 위치하고 있는지를 쉽게 알 수 가 있게 된다. 실제 현장에서 시행되고 있는 사례를 보여 준다. 게이지가 적합 운전 상태이면 녹색선, 비정상 운전 상태일 경우에는 노란색까지로 표시하여 정상과 비정상을 손쉽게 수행한다.



[사진 2-104] 눈으로 보는 관리 사례-1



[사진 2-105] 눈으로 보는 관리 사례-2

또 한 가지 사례는 중요설비의 나사 풀림 상태를 눈으로 보는 관리가 되도록 하는 방법인데, 실제 사례는 아래의 사진과 같이 나사의 풀림상태를 눈으로 보면서 즉시 확인하고 조치가 가능하므로 해당 장비의 유지관리가 쉬우므로 훨씬 수행이 편리하다. 그리고 예비부품 관리방법에도 응용이 가능한데, 핀이나 볼트와 같이 동일 모양, 동일 제품일 경우에는 상자를 제작하여 일정하게 배열하여 개수를 쉽게 확인할 수 있도록 할 수 있다.

위와 같이 모든 설비에 공통적으로 적용하여 예방정비가 가능하도록 활동을 전개할 수 있으며, 정해진 방법에 따라 예방보전을 수행할 수 있다.

6) 예비부품(Spare Parts) 준비

- ① 단조 성형에 사용되는 주요설비들의 종류에 대하여 주요 고장형태를 분석한다.
- ② 고장형태별 소모성 부품과 주기성 부품을 구분하고 각 부품을 파악한다.
- ③ 소모성과 주기성 부품의 주요 공급처를 사전 점검하고 예비부품 리스트를 작성한다.
- ④ 예비부품 리스트에는 각 부품의 개수와 보관장소, 구입시기 등을 기재한다.

2of2		HAMMER/PRESS SPARE LIST						(2011년 01월 10일 기준)	
순	Main부품명	Sub.부품	주요기능	규격	소요수량	재고수량	수명	비고	
26	위치제어 파르	Pinion Gear	Rack Gear와 맞물려 이동거리 계측	CPJ-100-6	1 EA	3 EA	10년간		
27		Rack Gear	Edge Roll 수직롤	9 x 19 x 580L	1 EA	3 EA	10년간		
28			Edge Roll 수평롤	9 x 19 x 1000L	1 EA	2 EA	10년간		
29	프레스파르	Bearing	Edge Roll축에 사용	24052CA	1 EA	1 EA	10년간	Timken	
30			주축롤 하부에 사용	24048B	1 EA	2 EA	10년간	NTN	
31			Edge Roll축에 사용	24052RW33	1 EA	1 EA	10년간	Timken	
32			Edge Roll축에 사용	24140RV	1 EA	1 EA	10년간	Timken	
33			프 Roll축 보조롤에 사용	24138CC	1 EA	1 EA	10년간	BKF	
34			Edge Roll축에 사용	29248M	1 EA	1 EA	10년간	NTN	
35			주축롤 하부에 사용	23038E	1 EA	1 EA	2년간	FAG	
36				29238M	1 EA	2 EA	10년간	NSK	
37				24138RW33	1 EA	1 EA	10년간	Koyo	
38			주축롤에 사용	23040B	1 EA	1 EA	10년간	NTN	
39				29232M	1 EA	2 EA	2년간	NSK	
40			Edge Roll축에 사용	29240M	1 EA	1 EA	10년간	NSK	
41			중간롤/상부 밀개 회전축 사용	24032	1 EA	2 EA	10년간	Koyo	
42				23040E	1 EA	1 EA	10년간	FAG	
43			감전롤 내부에 사용	6908ZZ	1 EA	2 EA	10년간	FAG	

[그림 2-58] 예비부품(SPARE PARTS) 관리 사례

7) 설비의 정상가동 확인방법

(가) 해머설비(단조성형)

- ① 해머설비의 정상가동 확인방법에는 PLC 패널의 윤활 펌프 작동유무를 확인해야 하는데 빨간 전등의 ON 스위치에 점등을 확인하면 된다.
- ② 실린더 헤드 부분의 유압유 누유를 확인해야 하는데, 보통은 육안으로 관측이

되며 프레임의 벽 측면을 타고 누유가 되므로 프레임의 측면을 관찰하도록 한다.

- ③ 해머의 램이 상·하 운동을 원활하게 하는 데는 프레임과 램과의 매개 역할을 하는 가이드라고 하는 부분이 있다. 이 가이드는 프레임의 측면에 커다란 볼트로 체결이 되며, 그 볼트의 풀림상태나 유격을 확인할 수 있어야 한다.
- ④ 풋 스위치는 1회 작동으로 램이 1회 왕복운동 하는 기능을 담당하며 이 물질 유입이나 청소상태, 그리고 움직임에 이상은 없는지 확인한다.

해머설비는 위와 같이 중요 점검부분을 작업 전, 작업 후 확인하여 체크하고 이상이 있는 경우에는 즉시 후속조치를 취해야 한다. 이 밖에도 전기배선의 결선과 각 부위별 청소상태를 수시 점검하여 흑연 이형제 사용으로 인한 합선 등의 문제가 생기지 않도록 한다.



[사진 2-106] 해머 일상점검개소

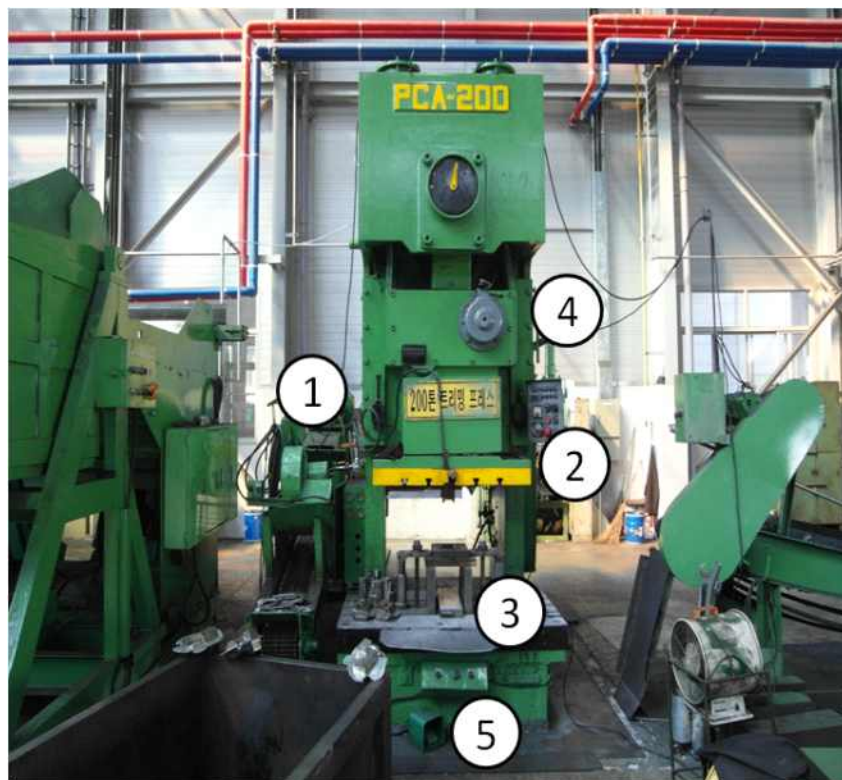
(나) 프레스설비(트리밍 성형)

- ① 밸런스 에어 압력을 확인해야 한다. 에어 압력의 게이지가 설비의 측면에 장착되어 있어서 상부압력, 하부압력이 구분되어 있으며, 녹색표시 이하일 때 상압력으로 판단한다.
- ② 클러치 브레이크 압력 확인으로($5\sim 7\text{kg/cm}^2$) 정상작동 여부를 확인 할 수 있는 압력 확인은 프레스 측면의 압력 게이지를 육안으로 확인하여 수행할 수 있다.
- ③ 다이쿠션이란 상부의 압력을 하부에서 받치고 버티는 힘을 가리키는 것으로서,

일정한 압력(1~3kgK/cm²)으로 관리해야 하며 역시 측면의 압력 게이지 눈금으로 육안 확인한다.

- ④ 작동유의 급유상태를 확인 또는 색상의 변색 유무 등을 육안 관측해야 하는데 오일 부족은 보충해야 하며, 오일 고유의 색상이 변한 것은 즉시 교환하도록 해야 한다.
- ⑤ 풋 스위치는 1회 작동으로 램이 1회 왕복 운동하는 기능을 담당하며 이물질 유입이나 청소상태, 그리고 움직임에 이상은 없는지 확인한다.

해머와 프레스의 두 설비가 단조성형의 메인설비로서 일상점검과 예방보전을 수행하여 효과적인 설비보전이 되도록 수행할 수 있어야 한다.



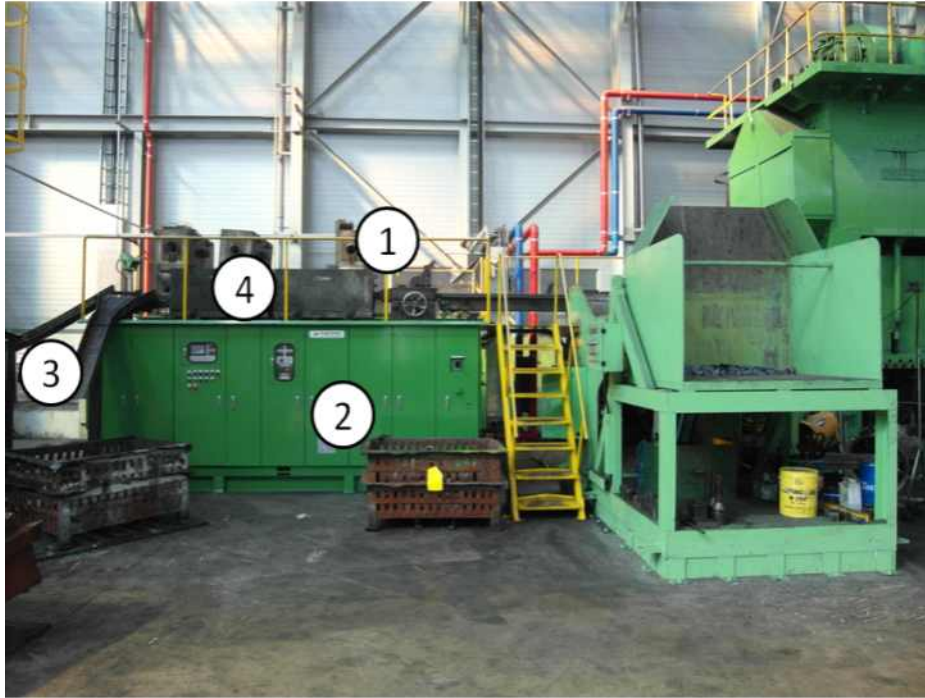
[사진 2-107] 프레스 일상점검개소

(다) 전기유도 가열로(소재 가열)

- ① 전기유도 가열로 안의 산화 스케일이 쌓이면 가열이 안 되거나 가열재가 움직이지 못 하는 사례가 발생할 수 있으므로 가열로 내부의 청결이 중요하다. 정기적으로 청소를 수행해 예방하도록 한다.
- ② 전원반 패널의 잠금장치 확인이 필요하다. 특히 고압의 전류가 흐르면서 이형제 비산 먼지로 인하여 합선의 우려가 있으며 감전의 사례도 있을 수 있으므로 「고압주의」 표지판과 함께 잠금장치를 확인 하도록 한다.
- ③ 가열소재의 합격, 불량을 선별할 수 있는 장치(FOOL PROOF)로서 작동이 정상적

인지 확인한다.

- ④ 또한 가열로 내에는 과열방지를 위한 냉각수가 흐르고 있는데, 사용중 냉각수 파이프가 파손되어 냉각수가 누수되는 현상이 발생하곤 한다. 냉각수 공급 중단은 가열로 코일이 열화에 의해 녹아 버리는 사태를 발생시킨다. 따라서 운전 중 PLC 확인을 통한 과열예방에 주의를 기울여야 한다.

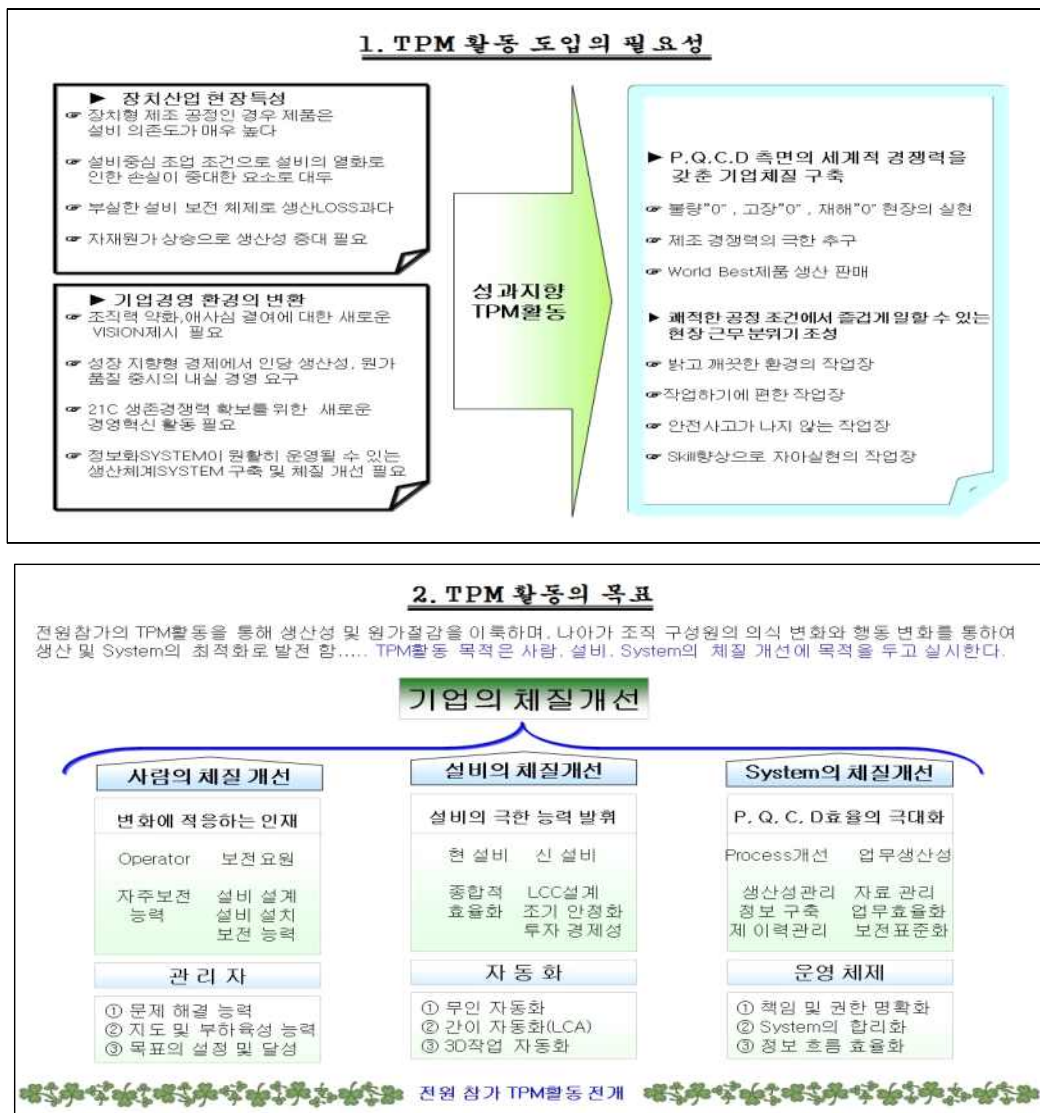


[사진 2-108] 전기가열로 일상점검개소

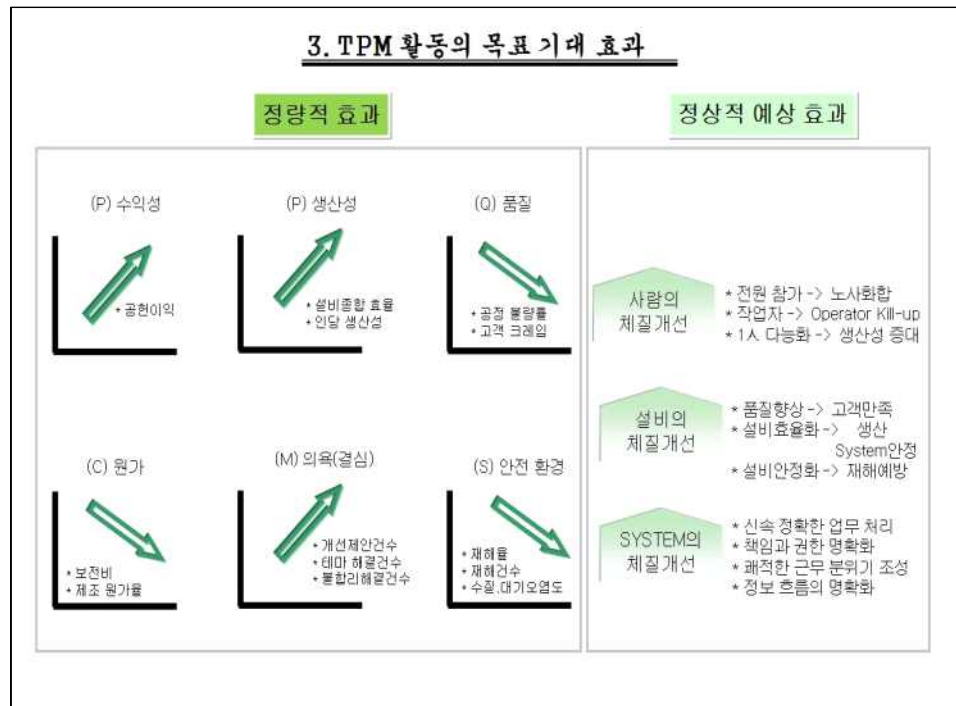
나. 전사적 설비보전 전개

TPM이란 Total Productive Maintenance(전원참여 생산보전)의 약자로서, 1971년 일본의 JIPM에서 제창하였고, 한국에서는 1980년대 중후반에 KSA가 처음으로 도입한 설비관리 혁신활동이다. 우리의 제조현장이 과거 사람 중심에서 설비 중심으로 변함에 따라 제품의 품질과 생산성이 설비의 최적 관리조건의 여하에 따라 크게 좌우되기 때문에 많은 기업들이 TPM 활동을 많이 도입하고 있으며, 또한 이 활동을 통해 많은 성과를 얻고 있다. TPM 활동은 사람과 설비의 체질개선을 통한 기업의 체질개선을 추구하는 활동으로서 이러한 TPM 활동이 추구하는 궁극적인 목적은 기업 입장에서 경쟁력 향상을 통한 수익성 창출이며, 기업종사자 측면에서는 설비에 대한 관리 기술, 고유기술, 개선능력의 향상으로 자기가치를 향상시키는 활동으로 귀결된다고 할 수 있다. 한국의 경우 1990년대 초반에는 TPM 활동이 선진 기업들을 중심으로 많이 도입되었으나, 점차 중견기업으로 확산되고 있으며, 세계적으로도 1,000여개 회사

가 이 활동을 통해 생산혁신 측면에서 큰 성과를 얻고 있는 것으로 나타나고 있다. 앞으로도 우리의 제조현장은 설비의 집약화, 고도화가 가속화될 것이며, 이러한 제조현장에서 TPM의 필요성은 더욱 높아질 것이다. 따라서 향후 우리 제조기업은 TPM 활동에 입각한 제조현장의 엄격한 관리체계 구축의 인프라 없이는 어떠한 혁신활동도, 기업의 장기적인 경쟁력도 보장받기 어렵게 된다고 볼 수 있다. 최근에는 수익성 창출이 강조되면서 종래의 공장 중심의 TPM 활동에서 전사 중심의 TPM 활동으로 활동영역이 확대되었고, Total Productive Management 혹은 Total Profit Management화하여 수익성을 올리기 위해 생산성증대, 원가절감 등과 연계되어 추진되어 왔다. 다음에는 전사적 TPM의 전개방식과 주요 활동방식에 대하여 이론적으로 공부 하도록 하겠다.



[그림 2-59] 전사적 TPM 활동-1



5. 설비보전과 5S활동

- ① 정리 (Seiri) - 필요한 것과 불필요한 것을 구분, 불필요한 것을 없애는 것.
- ② 정돈 (Seidan) - 필요한 것을 안전, 품질, 능률(효율적)을 고려하여 기능적으로 보관 하는것.
- ③ 청소 (Seisoh) - 쓰레기와 더러움, 불합리가 없는 상태로 만드는 것.
- ④ 정결 (Seiketsu) - 정리, 정돈, 청소의 상태를 유지하는 것.
- ⑤ 생활화 (Shitsuke) - 정해진 일을 올바르게 지키는 습관을 생활화하는 것.

능력	능력 수준	활동의 예
이상발견 능력	이상을 눈으로 볼 수 있는 눈을 갖고 있어야 한다	고장 났다. 불량야 생겼다. 라는 결과로써의 이상을 발견 하는 것이 아니라 고장이 났것 같다. 불량야 나옴 것 같다. 라는 원인계의 이상을 알 수 있다.
조치 회복 능력	이상에 대한 신속하고 빠르게 처치 할 수 있어야 한다	발견한 이상에 대해서는 본래의 바른 상태로 복원한다. 이상을 발견하면 바로 상사나 보전에게 보고한다
조건 설정 능력	정상인가, 이상인가의 판단 기준을정량적으로 정할 수 있다	이상과 정상의 판단기준을 개인의 감이나 경험에 의지하지 않고 원칙에 의한 정량적으로 정한다
유지 관리 능력	결정한 규율을 잘 지킬 수 있다	청소,급유기준,자주점검 기준 등 저한 규율을 잘 지킨다. 지킬 수 없을 때는 지킬 수 있도록 설비 개선과 점검 방법을 검토한다.

[그림 2-62] 전사적 TPM 활동사례-4

다. 3정5S 개선사례 연구

실제 현장에서 실시한 개선사례에 대하여 개선 전·후의 내용과 사진을 첨부 하여 적용한 사례를 소개한다.

I. 개선 사항(1/8)

회사		개선사례	불용품 제거				
분임조	4조	개선항목	3정5S	안전 (S)	품질 (Q)	생산성 (D)	원가 (C)
공정	검사반		●	●			
개선 전 (2017-05-17)		개선 후 (2017-05-24)					
불용품이 공장안에 비치되어 작업상 문제		불용품 제거!					

[그림 2-63] 3정5S 적용사례

18. 생산관리

가. 생산이란?

기업이나 공공조직이 인간, 자재, 기계, 설비, 에너지, 정보 등 이용 가능한 자원을 유용하게 활용하여 유형의 제품이나 무형의 서비스를 산출하는 것을 말한다. 전반적인 표현으로는 생산이라 하고 기술적인 표현으로는 제조라 한다. 현장에서 작업자의 기능, 숙련에 의한 것은 제작으로 분류한다. 어떤 방식이든 일의 형태와 목적은 상품화 또는 어떤 부품을 설계 요구 사양에 맞게 최종 원하는 물건을 만드는 것으로, 여러 물자들을 투입(Input)하여 그 과정에서 변화를 주어 원하는 최종의 산출(Output)로 가치를 창출하는 것이다.

1) 생산표현방식

- (가) 생산(Production) -총괄적이고 일반적인 표현방식.
- (나) 제조(Manufacturing) -기술적이고 시스템적인 표현방식.
- (다) 제작(Marking) -기능과 숙련에 기초를 둔 표현방식.

2) 생산량에 따른 표현방식

- (가) Mass Production - 연간 10,000개 이상 생산
 - 양산 체제로 작업이 용이한 생산조건
- (나) Moderate Production -연간 10,000개에서 2,500개의 양
- (다) Job lot Production - 연간 2,000개 이하
 - 작업상의 숙련이 필요한 작업과 양

나. 생산의 4대 요소(4M)

1) 재료, 물자(material)

- (가) 원자재(raw material) -제품 자체를 이루는 가공되기 전 자재류
- (나) 운영자재(operating material)
 - 생산에 소요되는 물자 중에 원자재를 제외한 제반물자.
 - 직접자재(direct material) - 치수와 관련된 자재류
 - 간접자재(indirect material) - 치수와 무관한 자재류(소모자재)

2) 생산 장비(machine tool)

- (가) 생산형 장비(production type) - 생산형 장비로 미숙련자도 작업 가능
 - 전용장비(special purpose) - 단일품 또는 유사형 제품의 양산형 장비
 - 범용장비(general purpose) - 다양한 제품을 제조하는 장비
- (나) 공작실형 장비(tool room type) -jig, fixture, gauge, die등 작업용

- (다) 생산용 공구(production tooling) -양산에 필요한 부수장치
-치구, 절삭공구, 전동공구, 수작업공구, 전용측정기, holder등

3) 인력, 사람(man power)

- (가) 작업자(operator) -단순 기능자
- (나) 숙련자(technician) -치구의 TP팅. 작업지도 등의 고기능 보유자
- (다) 기사(engineer) -설계 및 연구, 생산기술을 담당하는 사람
- (라) 일반관리자(사무원) - 기능, 기술분야 외의 관리업무를 하는 사람

4) 방법(method) -작업방법

- (가) 생산량과 작업조건에 따른 관리와 방식
- (나) 생산품목의 내용에 따른 관리방식
- (다) 인력의 기술수준에 따른 관리방식
- (라) 작업환경에 따른 관리방식

다. 생산기술의 목적

생산기술의 목적과 추구하는 내용은 품질향상, 원가절감, 리드타임 단축, 생산다양화대응, 신기술의 추구, 노동환경 변화에 대응하는 것이다. 최종 결과를 바라는 희망사항은 더 좋게(More Best), 더 빨리(More Fast), 더 싸게(More Save), 더 편하게(More Easy), 제 때에(Just in time)으로 표현 할 수 있다.

1) 품질향상과 보증을 추구 한다

생산의 절대적인 조건인 설계의 요구품질을 달성하는 것뿐만 아니라 공정 간에 발생하는 제조품질을 확보해야 되는 것으로, 제조공정에 품질불량이 흐르지 않아야 하며 불량품이 생산될 경우 즉시 공정검사를 실시하여 후 공정이나 후 고객에게 넘여가지 않도록 품질보증 시스템이 구축되어야 한다.

2) 원가절감을 추구한다

제조현장에서는 사람과 설비 등이 운용되고 있으면 표준시간이 주어지게 된다. 표준시간이 실적시간이든 계산에 의한 표준시간이든 원가에 한 요소로 포함되어지고 또한 생산의 간접 부문에서 지원하는 부서의 경비가 발생되는데 이경비도 원가에 계산되어 있다. 신규설비 투자비용 및 설비를 구입하고 일정기간 감가상각비가 원가에 포함되어 경쟁력이 되기도 하고 기업의 흥망성쇠에 기본이 되기도 한다. 기업은 결국 이윤을 추구하는 장사이기도 하여 생산기술이 대처해 나가야 하는 과제임에 틀림없다.

3) 리드타임 단축을 추구 한다

리드타임은 제품을 가공하는 가공시간과 제품이 직접 가공되지 않고 정체되는 정체시

간(대기 및 이동V시간)으로 이루어지는데 최소한의 납기와 재고를 줄이기 위한 리드타임 단축이 중요하다.

리드타임은 공정내부뿐만 아니라 공정 간의 교체시간을 최소화해야 하고 수주에서 출하까지 소요시간도 최소화해야 한다.

4) 생산 다양화 대응 추구

생산되는 라인에서 제조되는 제품은 소비자의 욕구에 따라 다품종 소량화 제품 생산이 가능해야 한다. 만들기만 하면 팔리던 대량생산체제와 달리 다양한 제품을 생산할 필요가 있다.

국내뿐만 아니라 세계시장의 경쟁이 심화되므로 다품종 소량 생산으로의 시스템 변경이 되어야 한다. 그래서 모든 생산시스템이 유연화되어야 대처할 수 있다.

5) 신제품 대응력 추구

신제품은 개발되어야 하는데 제조현장에서는 그 신제품에 즉시 대응하기 위해 라인을 개선 변경하던지 설비나 치공구에 투자해 주어야 한다. 설계가 확정되는 대로 품질수준을 맞추고 신기술에 대한 신공법이나 제조 기술을 개발하여 완전한 신제품이 시장에서 정착 되도록 하는 과제 또한 생산기술을 추구해야 한다.

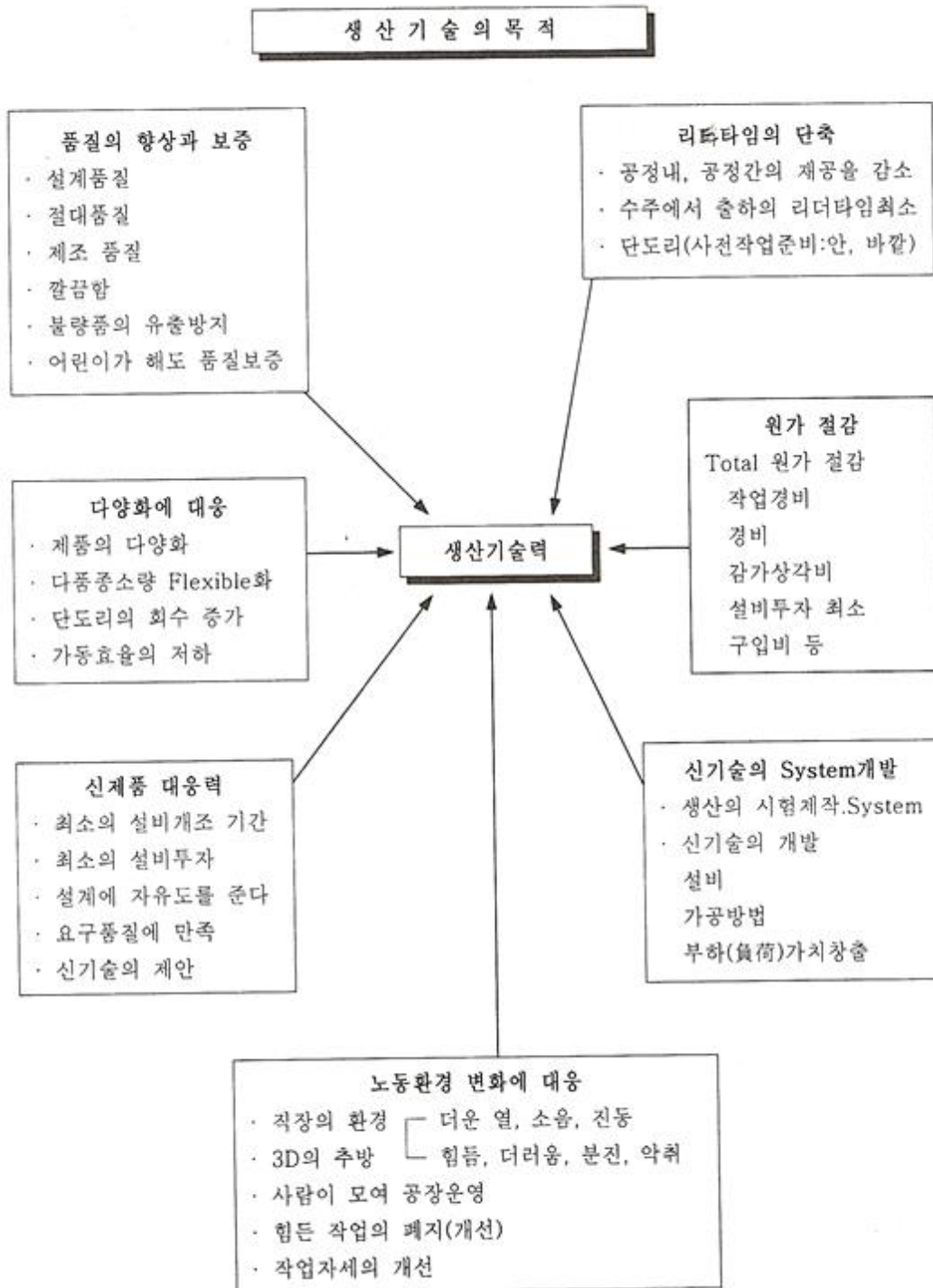
6) 신기술 또는 신기술 시스템 추구

기술은 하루하루 달라지고 있고 자기만이 알고 있다고 자부하는 know-how가 얼마나 낙후된 기술인지 깨달아야 한다. 향후 변화하는 제조기술이나 신공법의 개발은 필수적인 요소가 되고 있다 새로운 설비, lay out 및 신기술의 시스템을 구상해야 한다. 예를 들어 엔진의 커넥팅로드의 경우 대단부를 통으로 만들어 절단 후 면 가공하여 조립해 왔다 그러나 지금은 절단. 면 가공, 조립보링 없어지고 소재 자체에서 최종보링을 하고 대단부를 프레스로 순간 충격을 가해 절단하여 엔진을 조립함으로써 공정 단축 및 접합면의 구조가 깨진 상태의 3차원 물림구조로 평면보다 물림율이 더 좋은 공법이다.

7) 노동환경 변화에 대응력 추구

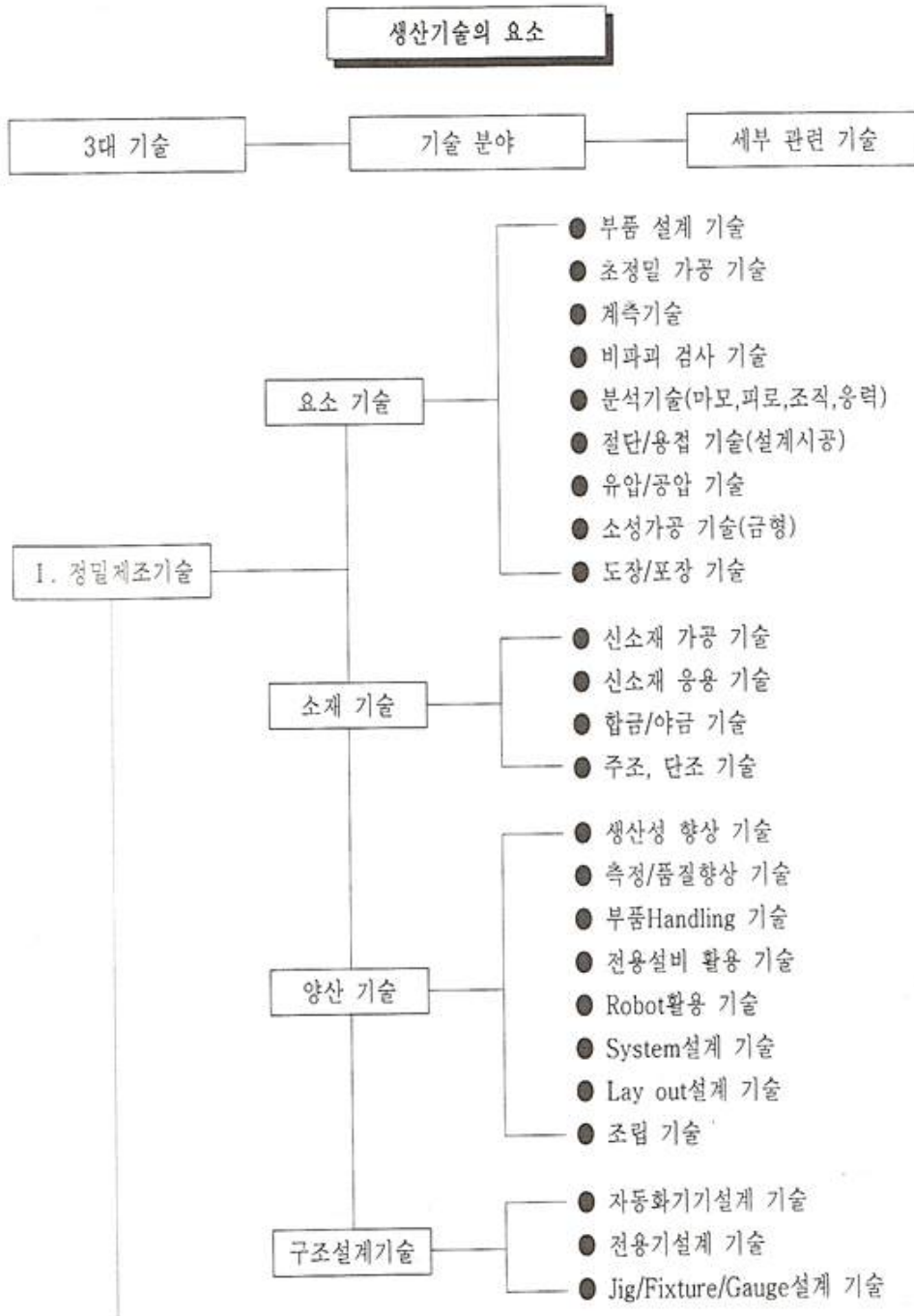
일부사람들은 제조업을 사양사업이라고 한다. 젊은 사람들은 3D(위험한일(Danger), 힘든 일(Diffcult), 더러운 일(Dirty)의 기피현상으로 제조현장에 들어가는 것을 꺼려하고 있다. 서비스업에 관심이 많고 몰리는 경향이 있다. 제조업은 고령화로 생산성이 떨어지고 고임금의 문제로 경쟁력을 잃고 있다. 그렇다고 제조업을 포기하는 것은 국가경쟁력과 고용기회를 포기하는 것과 같으므로 작업조건을 개선 성력화시켜 제조업이 가공업 기반이라는, 엔지니어의 사명감으로 일을 해야 한다.

라. 7가지 여건에 따른 생산기술의 목적



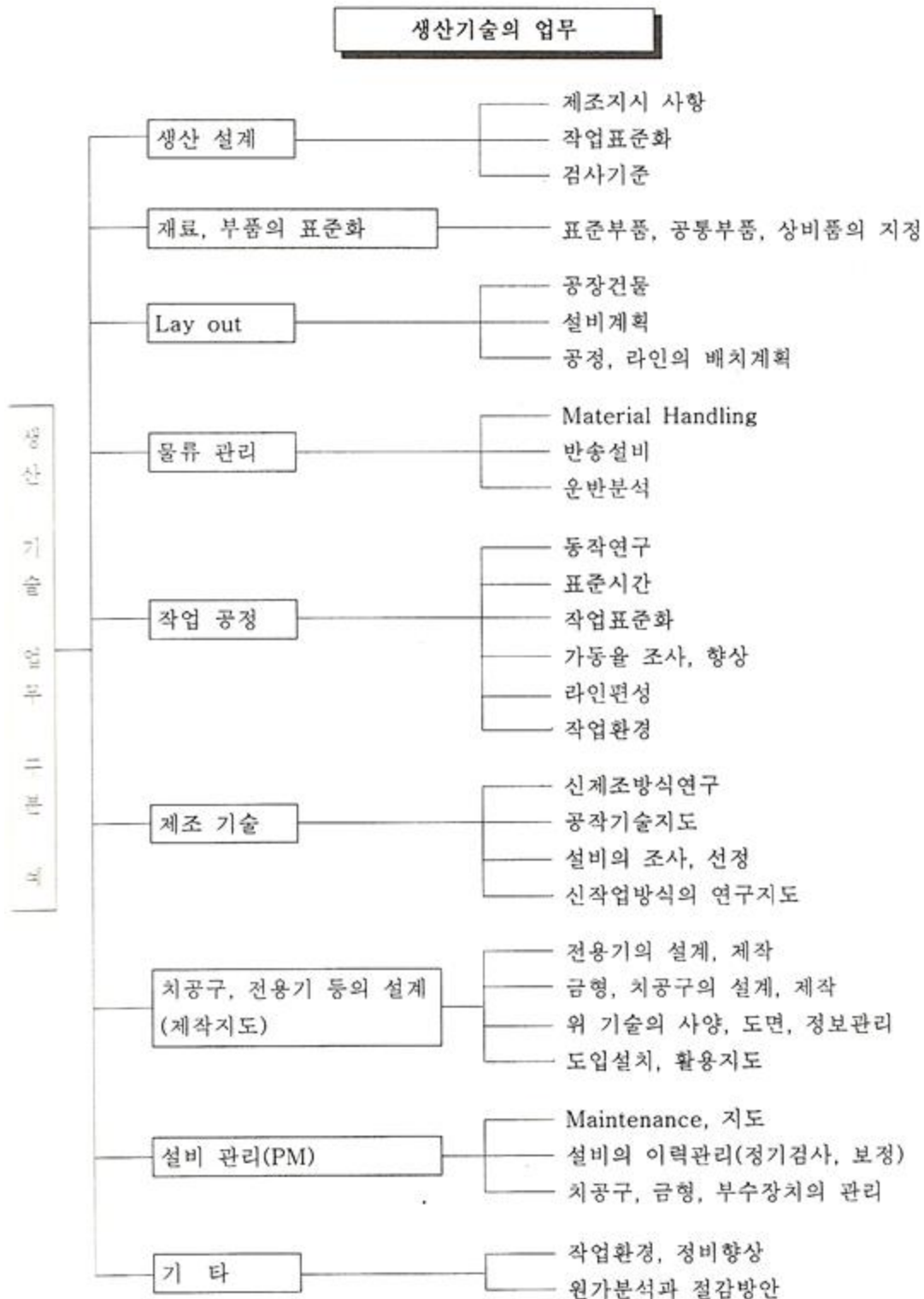
[그림 2-64] 생산기술의 목적

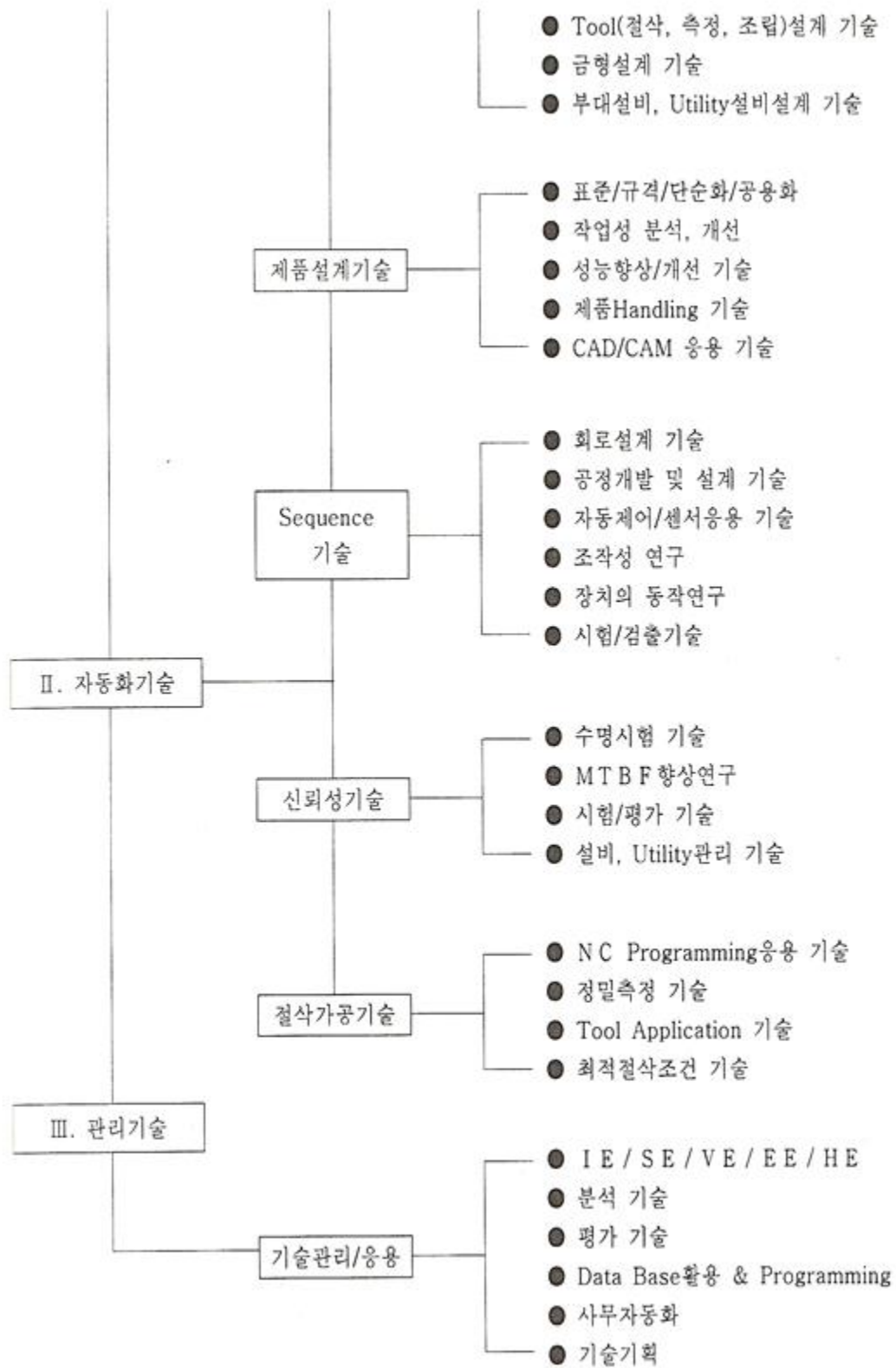
마. 생산기술의 요소



[그림 2-65] 생산기술의 요소분류

바. 생산기술 업무





[그림 2-66] 생산기술의 관련업무

사. 생산기술 부문 업무구분

- 1) Lay out, 공장건설 등의 설계
- 2) 생산 설계도의 작성
- 3) 제조공정의 설계
- 4) 기계 도입의 기술적 검토
- 5) Jig, Fixture, 금형의 설계
- 6) 설비보전, 수리
- 7) 제조기술의 연구 및 작업 기술 지도
- 8) 재료, 공구류에 관한 연구
- 9) 표준작업, 표준시간 등의 연구
- 10) 운반, 반송 등의 물류에 관한 기술
- 11) 외주협력 회사 등의 기술지도
- 12) 정보수집, 벤치마킹, 연구활동 전문교육 중장기 계획 등

아. 생산관리

생산관리 개념은 운영중심에서 전략중심으로 부분 중심적에서 통합적으로 변화되어 가고 있다. 운영중심이란 생산시스템의 변환과정의 관리에 중점을둠 으로서 환경의 변화가 관리체계에 흡수되지 못하는 경우를 의미하며 전략중심이란 환경의 변화가 관리체계에 흡수되어 환경과 생산시스템의 상호작용으로 생산능력과 시장의 기회를 조화시키고 새로운 가치를 창조하는 경우를 의미한다. 부분 중심적이란 생산관리가 품질관리면 품질관리, 재고관리면 재고관리, 제조부서면 제조부서, 설계부서면 설계부서, 부분적인 관점에서 관리됨을 말하며 통합적이란 모든 부서와 공정이 상호연결 되어 유기적으로 통합된 생산관리가 필요함을 의미한다.

자. 생산시스템(생산흐름)

생산흐름은 제조업의 경우 물리적 실체로서 제품의 흐름, 즉 제조과정의 작업물의 흐름을 의미하며, 서비스업의 경우 제공되는 서비스 활동의 순서를 의미한다. 생산흐름 관점에서 생산시스템은 생산흐름의 연속여부에 따라 라인생산, 단속생산, 프로젝트형 생산으로 분류된다.

1) 라인생산

표준화된 제품을 계속적으로 생산함으로서 제품이나 서비스의 흐름이 연속적인 생산형태로서, 제품이나 서비스는 생산라인의 한쪽 끝에서 다른 쪽 으로 계속적으로 흘러가면서 완성된다. 연속생산은 원자재 투입에서부터 완제품까지 생산이 거의 자동화

되어 있고 항상 계속적으로 운영되는 생산 형태이다 철강, 석유화학, 제지, 비료 등과 반복적으로 생산되는 자동차, 전자제품, 기성복, 장난감 등이 이에 해당된다.

2) 단속생산

다양한 제품이 소규모 배치나 로트로 일정한 시간을 두고 동일한 제조시스템 내에서 제조되는 생산형태이다. 단속생산은 다품종 소량 생산에 해당되며 동일한 기능을 갖는 장비나 작업자가 하나의 작업공간을 형성하여 제조시스템이 구성되므로 각각의 제품이나 서비스는 고유한 경로에 따라 순환하게 된다. 개별생산은 일반적으로 불특정적인 주문에 의하여 개개의 제품을 생산하는 경우로서 범용설비나 숙련도가 높은 작업자에 의하여 공정이 수행되고 수량변동에 탄력적으로 대응 가능하며 공작기계, 조선, 정비공장, 종합병원 등이 여기에 속한다.

3) 프로젝트형 생산

일반적으로 일회적, 비반복적 성격을 갖는 단일 단위 제품을 생산하는 경우로서 제품의 표준화 정도가 매우 낮고 유연성이 높으며 제품의 흐름이 없는 반면, 범용설비에 대한 자본투자가 낮다 빌딩, 댐, 고속도로 공사, 미사일 개발, 타당성 조사와 같은 서비스 활동과, 영화 제작 등이 있다.

차. 생산성

시스템의 기본적인 수행도 측정치로서 입력요소에 대하여 처리과정을 거친 산출물의 비율로 정의한다.

생산성=산출요소/투입요소

이는 총투입 요소에 의한 수행도 측정뿐만 아니라 노동생산성, 기계생산성, 자본생산성, 부가가치 등과 같이 부분적 투입요소에 의한 측정치도 가능하다.

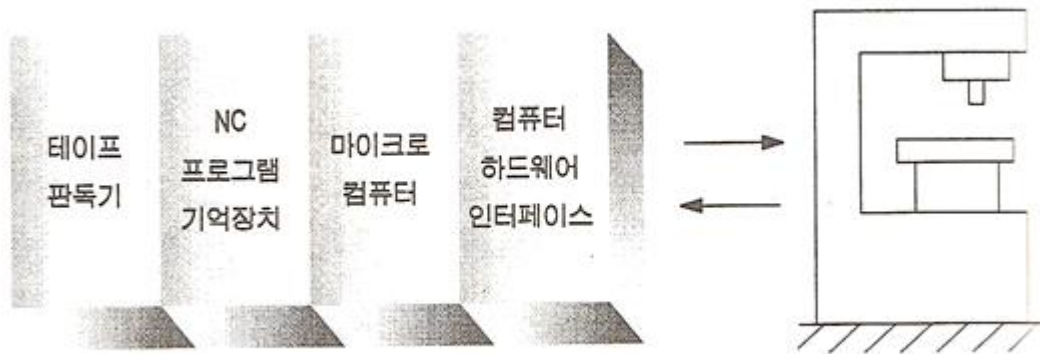
카. 자동화 생산 시스템 발달과정

1) 수치제어

V NC기계는 프로그램, 제어기기 또는 제어단위 기계공구나 제어되는 과정의 3가지 요소로 구성된다. 프로그램은 기계공구에 지시될 일련의 세부적인 지시어들의 집합으로 입력매체에 의존하여 입력하되 제어기기는 이를 읽고 해석하여, 이를 기계공구의 기계적 행동으로 변환시키고 기계공구나 제어되는 과정은 이를 실체적으로 실행한다.

2) CNC의 개념

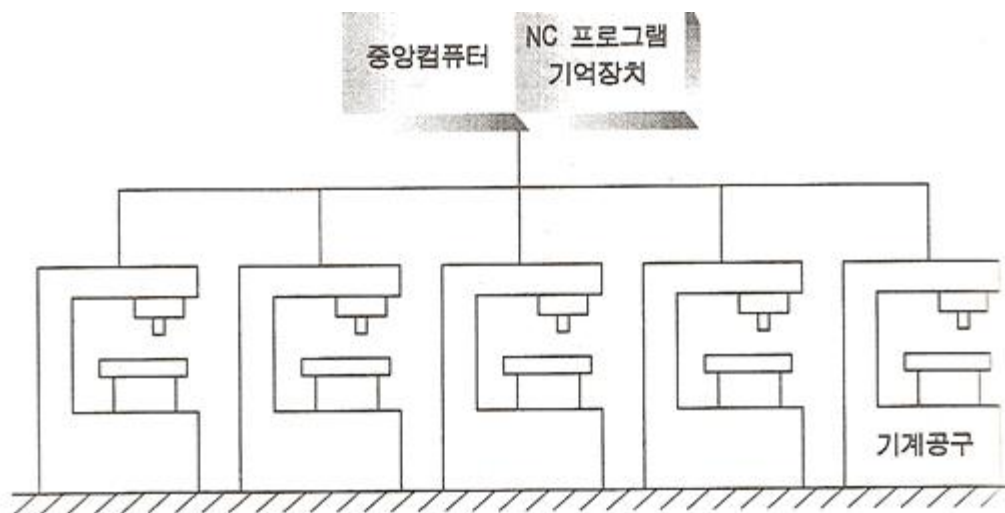
디지털 컴퓨터의 급속한 발전과 제어 장치의 경량화, 고속화, 대용량화, 저가 화에 힘입어 하나의 기계공구에 프로그램이 내장된 소규모의 제어기기를 탑재한 컴퓨터가 나오음으로서 CNC가 탄생했으며 상업적으로 1970년대 처음 소개되었다.



[그림 2-67] CNC의 구성요소

3) DNC의 개념

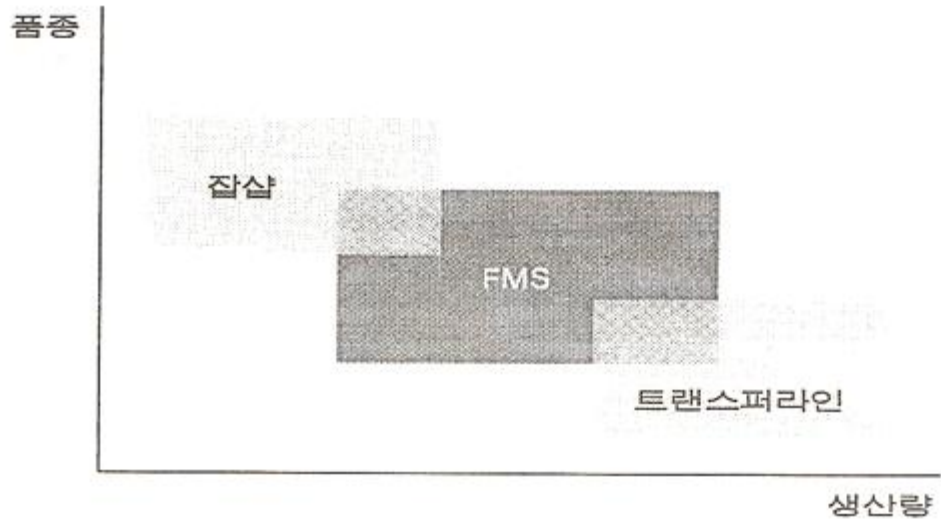
DNC 개념은 1968년 영구 런던 담배회사의 제조시스템에서 처음 소개되었다. 이 시대의 컴퓨터는 규모가 크고 고가였으므로 여러 대의 기계공구를 제어하기 위해서는 거대한 컴퓨터를 시분할 방식으로 사용하였다. 이것이 DNC 개념이 되었다.



[그림 2-68] DNC의 구성요소

타. FMS (Flexible Manufacturing System)

DNC에 자동화된 MHS가 결합 생성, NC 기계공구가 MHS와 통합하여 모든 기계 공구와 MHS가 컴퓨터에 의해 제어되는 시스템을 말한다



[그림 2-69] FMS 응용

파. 생산기술 문제점

1) 요소기술의 부족

- (가) 부품설계기술 -생산과 조립의 용이성이 전제된 설계
- (나) 시험, 분석기술 -기반 기술에 대한 분석과 원인의 도출
- (다) 용접, 열처리, 표면처리, 소재기술, 생산기술

2) 정밀가공 기술 낙후

- (가) 초정밀 가공기술 -가공정밀도는 제품의 기능과 성능에 절대적 영향
- (나) 난삭재 가공기술 -내열강, 세라믹, 등 신소재 가공기술

3) 선진국에 기술 의존

- (가) 성급한 기술도입 -중장기적 안목 필요
- (나) 우리나라 기술자 불신 -외국인 선호, 타인의 실패 질책
- (다) 선진기술 소화능력 -단순모방에서 엔지니어링으로 전환 필요

4) 기술정보 부족

- (가) 전문기술 정보지 부족-잡지는 많으나 비영리 정보지 부족

(나) 듣는 정보는 있으나 보는 정보 책, 논문, 실물 부족

5) 기술자료 및 경험기술의 기록 미흡

기술보고서, 현장경험, 데이터, 등을 자료화하여 실수가 반복되지 않도록 후배들에게 교육시키고 기술 발전을 위해 관리하는 면을 생각해야 한다.

6) 자기전공 분야별 연속성 부족

처음 전공한 분야를 몇 년이 지나면 타부문으로 전과하여 옮기는 경우가 많으나 세월이 지나도 바뀌지 않는 Special List가 필요하다.

하. 생산기술 문제점 해결위한 대책

1) 기술인력의 양성

- (가) 기술의 프로화 지향-자기분야 권위자가 되기 위한 교육과 기회 부여
- (나) 학력위주의 기술대우를 지양-실력과 실력주의 인력평가 시스템
- (다) 대학이상 교육방식 전환-이론보다 실력자양성 교육기회 부여

2) 양적 경영에서 질적 경영으로

- (가) 낮은 가동에서도 이윤이 발생하는 고부가가치 추구
- (나) 단기적 사고에서 중· 장기적 안목으로 경영지시 전환
- (다) 물질보다 인간경영의 중요성 인식

기. 표준화의 필요성

설계, 시험, 제조에 의한 기술공유화, 제조품질의 안정화, 업무의 효율화를 겨냥 표준화를 제정, 관리하여야 한다. 기초가 되는 표준화는 미터, 킬로미터, 초, 용어정의, 기호정의, 재료, 제품 등 등급, 치수, 품질, 각종 제조방법이 표기되어야 한다.



[그림 2-70] 방법에 의한 표준화 체계도-1

나. 생산계획

수요예측에 의하여 대상 계획기간에 대한 미래의 수요가 파악되면 주어진 수요를 만족시킬 수 있는 생산계획이 수립되어야 한다. 만약 대상 계획 기간을 구성하는 단위 기간들의 수요가 일정한 경우 생산계획을 수립하는 일은 매우 쉽게 해결할 수 있다. 즉 대상 계획기간을 구성하는 하나의 단위기간을 대상으로 최적 대안을 도출하고 대상 계획기간을 구성하는 모든 단위기간에 적용함으로써 최적 생산계획을 세울 수 있다. 대상단위기간에 대한 최적 생산계획으로는 생산 믹스 모형을 비롯해 다양한 선형 계획 모형 등이 적용될 수 있다.

다. 생산능력 조절

시간의 흐름에 따라 수요도 변하게 된다. 수요의 변화는 생산능력 과의 불균형을 초래하므로 불균형 해소를 위한 기업의 생산량이나 수요량을 조절하지 않으면 안 된다. 수요량은 판촉을 강화하거나 가격변동에 의하여 조절될 수 있으나 생산량은 생산을 조정, 고용수준 변경, 자본변경, 하청, 재고, 추가납품, 등 조정될 수 있다. 생산조정은 잔업, 특근이나 유희시간을 이용 생산율을 조정하는 것이며, 자본변경은 설비능력 변경에 대한 설비능력 조정을 말한다.

리. 총괄생산 계획

동적인 수요의 변화에 대해 수요와 생산 능력간의 불균형을 조정하여 수요에 부응하는 생산량을 유지하기 위한 계획 기능을 말한다. 이는 보통 1년을 대상 계획 기간으로 정하고, 대상 계획기간을 구성하는 단위기간을 1개월로 하여 총괄 생산 단위에 대한 생산율, 생산능력, 재고수준 등에 대한 전반적인 계획을 수립하는 중기 계획이다.

미. 총괄 생산 단위

각 제품을 개별적으로 구분하는 것이 아니라 철강산업의 톤(ton), 페인트 산업의 갤런(gallon) 등과 같이 생산되는 모든 제품을 총괄할 수 있는 하나의 산출 단위를 의미한다.

비. 총괄 생산계획 전략변수

- 1) 고용수준 변동-종업원을 채용 또는 해고함으로써 수요 변동에 대응 하는 방법
- 2) 생산율 변동-생산율 변동은 수요가 증가하는 경우 잔업을 통하여 감소 하는 경우

유희시간을 늘림으로써 수요변화에 대응하는 방법

- 3) 외주-수요의 초과분을 기업 외부에서 조달하는 방법으로 품질과 납기 준수가 되어야 하며 비용을 고려하여야 한다
- 4) 재고-재고를 통하여 수요에 대응하는 방법으로 수요에 대한 신축성은 높으나 재고만으로는 모든 수요를 충족 할 수 없으므로 납기 지연이 발생하고 신용이나 고객 상실 등 미래손실 가능성이 있다.
- 5) 자본변동-수요변화에 대응하여 기계설비를 증감하는 것으로 이는 수요 변화의 장기적 추세가 파악된 후에 결정되어야 한다.

시. 총괄 생산계획 평가

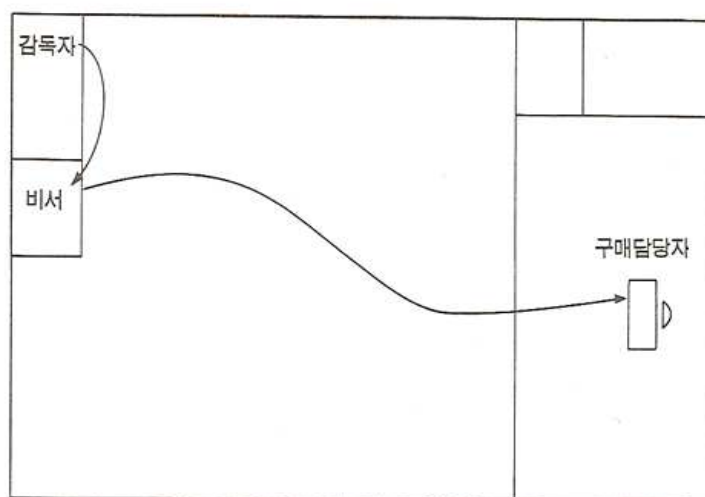
월	1	2	3	4	5	6
수요예측치	1100	1672	2856	2816	1636	1920
작업일수	22	19	21	22	20	21

[그림 2-71] 방법에 의한 표준화의 체계도-2

이. 작업방법 설정기법

1) 공정분석

작업방법, 작업순서, 작업장, 설비, 공구 등을 종합적으로 분석하고 이를 준화하여 기능적인 효율성을 추구하는 것을 목적으로 한다.



[그림 2-72] 개선된 구매과정의 흐름도

[그림 2-73] 개선된 구매과정의 흐름공정

개별작업에 대한 세부적인 분석을 통하여 작업내용을 개선하는데 목적

[그림 2-74] 작업분석 도표의 예

다중활동 분석표			
작업 : 롤(roll)절단작업		작업번호 : 현행 <input checked="" type="checkbox"/>	
부품 : 원단		부품번호 : 개선 <input type="checkbox"/>	
기계 : 절단기계		기계번호 :	
작업자 :		작업일자 :	

시간 (분)	작업자	보조	기계
1	기계 가동	포장과 레이블(label) 준비	절단 작업
2		기계작업을 기다림	
3			
4	보조의 작업을 기다림	롤을 포장	유휴 시간
5	레이블 부착	작업자의 작업을 기다림	
6			
7	보조의 작업을 기다림	롤을 운반	
8	기계가동 준비	롤을 운반장치에 적재	

[그림 2-75] 복수인간-기계 다중활동 분석표

3) 동작분석

요소작업을 구성하는 미세동작을 세부적으로 분석함으로서 특정작업을 가장 효율적으로 수행할 수 있는 방법이다.

서블릭에 의한 분석은 대상작업을 직접 관찰하여 필름촬영을 하기도 하고, 이런 경우 마이크로 동작 분석으로 시모도표를 작성하고 서블릭의 제거, 결합, 단순화, 변경 등을 통하여 이루어진다. 시모도표는 작업분석표가 상세화된 것을 말한다.

번호	명칭	기호	설명	부호
1	찾음(search)	Sh	눈을 돌려 찾음	~~~~~
2	찾아냄(find)	Fd	눈으로 찾아냄	
3	선택(select)	St	목적물을 지시	~~~~~
4	쥐다(grasp)	G	쥐는 손모양	
5	빈손을 움직임(transport empty)	TE	빈손 모양	~~~~~
6	손에 쥐고 움직임(trans. loaded)	TL	손바닥에 물건을 놓은 모양	~~~~~
7	保持(hold)	H	자석에 물건을 붙인 모양	~~~~~
8	쥐고 있는 것을 놓음(release load)	RL	손바닥을 거꾸로 한 모양	~~~~~
9	위치를 잡음(position)	P	손끝에 무게를 준 모양	~~~~~
10	준비함(pre-position)	PP	나인핀을 세운 모양	~~~~~
11	검사(inspect)	I	렌즈의 모양	~~~~~
12	조립(assemble)	A	결합을 의미	~~~~~
13	분해(disassemble)	DA	결합에서 일부를 제거	~~~~~
14	사용(use)	U	use의 첫자	~~~~~
15	불가피한 지연(unavoidable delay)	UD	사람이 넘어진 모양	~~~~~
16	피할 수 있는 지연(avoidable delay)	AD	사람이 자고 있는 모양	~~~~~
17	계획(plan)	Pn	이마에 손을 대고 생각함	~~~~~
18	휴식(rest)	R	의자에 앉아 쉼	~~~~~

[그림 2-76] 미세동작분석

4) 재고관리

재고는 경제적 가치를 갖는 유희자원으로서 제조시스템에서 공급과 시간차이를 연결시키는 수단으로 존재한다. 그러므로 재고관리의 대상은 생산 요소로서의 원자재, 재공품, 생산 산출 요소로서의 완제품을 포함한다.1) 재고의 기능

- ① 원자재 재고는 원자재 조달기간 지연 등의 불확실성에 대처하여 생산 시스템의 독립성을 유지한다.
- ② 재공품 재고는 생산과정 중의 기계고장, 작업지연 등의 불확실성을 흡수하여 원활한 생산이 가능하도록 한다.
- ③ 완제품 재고는 수요변동의 불확실성에 대처하여 고객의 서비스 수준을 높이고 경제적 생산을 가능케 한다.
- ④ 재고는 수량할인, 가격변동 등에 대처하여 경제적 주문량을 확보할 수 있을 뿐만 아니라 노사분규 등의 예견되는 미래의 불확실성에도 대처할 수 있다.

5) 재고관리 방안

- (1) 재고는 많은 자본을 필요로 한다. 과다한 재고는 기업의 수익성과 자금의 유동성에 영향을 미친다. 그러나 재고가 부족한 경우 생산이 원활하지 못해 수요를 만족할 수 없다. 그래서 재고는 합리적이고 과학적으로 관리 되어야 한다.

- (2) 재고는 전체 시스템과 유기적인 관계 속에서 파악되고 관리되어야 한다. 완제품의 생산량과 재고는 고객에게 영향을 주므로 생산부서와 마케팅 부서의 원활한 소통이 필요하다.
- (3) 기본적인 문제는 주문량, 재고주문, 재고수준 또는 안전재고를 결정하는 문제로 요약할 수 있다. 즉 재고관리에서는 재고 수준을 관찰함으로서 특정 품목의 주문은 언제 얼마만큼 해야 하며, 불확실성을 흡수하기 위한 재고수준은 얼마인가를 결정하는 문제를 다룬다.

19. 안전관리위생(공통)

기업이 건전한 발전을 영위하기 위해서는 안전관리가 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다. 근로자의 안전 확보가 회사의 생산성 향상과 근로의욕 고취의 주요지침이 된다. 현재 각 기업에 널리 알려진 문구 중 [안전제일]이라는 문구는 미국의 유명한 US STEEL 사장인 Mr. 게리씨가 자신의 회사의 안전관리를 위한 모토로부터 사용되어졌다. 안전제일이야말로 기업의 생산, 품질을 유지, 발전시키는데 중요한 인자인 것이다.

가. 산업재해의 특징

1) 재해발생의 흐름

- 사고발생의 경과를 Flow - Chart로 그려보면 다음과 같다.

작업자 → 위험 동작하기 → 위험에 노출됨 → 경고에 둔감함 → 위험에 노출됨 → 사고를 피할 수 없다 → 사고발생

위와 같은 사고발생 흐름도를 요약하면, 원인 → 사고 → 재해의 순으로 나타낼 수 있다.

2) 안전관리의 기본

안전관리 조직의 중심에는 안전 관리자가 있다. 그 안전관리자의 능력과 열의에 의해서 관리 성적이 달라진다고 할 수 있다. 안전 관리자는 먼저 회사 내의 안전관리조직을 수립하여 각자의 임무를 부여하고 점검하는 역할을 하여야 하며 사업장 내의 안전관리 업무를 총괄하여야 한다.

3) 안전교육의 방법

안전교육은 산업재해를 예방하는데 중요한 수단으로 사용하고 있지만 교육의 방법은 구체적으로 정해져 있는 것은 아니다. 안전교육은 정신교육과 기능교육으로 나눌

수 있다. 정신교육은 현장에서 직접안전 확인하는 작업과 시청각 자료를 통한 교육을 실시하여 소정의 안전교육 효과를 올릴 수 있다. 기능적인 교육은 직접 안전 보호 장구를 착용하는 시연교육과 보호장구의 효과성을 설명하는 교육방법이 있다.

4) 안전보호 장구의 종류와 효과

단조작업은 비산하는 스케일에 의한 안구손상이 특히 많으므로 보안경을 필수적으로 착용해야한다. 보안경의 종류에는 크게 2종류가 있는데, 단조작업 시 착용하는 보안경과 후처리작업시 사용하는 보안경으로 크게 나눌 수 있으므로 해당 작업의 특성을 고려하여 반드시 착용하여야 한다. 그리고 안전모는 공장 내의 낙하물에 의한 머리손상을 예방할 수 있으며 기계장치의 모서리부 또는 단조작업 시의 파편 등으로부터 머리를 보호할 수 있으므로 필수적으로 착용해야 한다. 안전보호구 착용은 법으로도 규정되어 있는 필수적이고 기본적인 안전수칙인 것이다. 또한 단조작업 시 가열작업이 필요하므로 방열기능이 있는 앞치마를 착용하며 발을 보호할 수 있는 안전화를 착용해야 한다. 아래의 그림에 여러 가지 보호장구를 소개한다.

(가) 현장에 비치된 안전표지판 사례



[사진 2-109] 안전보호구 착용기준



[사진 2-110] 사내속도제한



[사진 2-111] 이면안전거울



[사진 2-112] 안전게시물 부착



[사진 2-113] 현장 안전게시판 사례

5) 산업안전이란?

산업안전이란 인간생활의 복지 향상을 위하여 산업을 통해 직접 또는 간접적으로 어떤 형태의 생존권도 침해받지 않는 상태를 말하며, 산업을 통한 재난으로부터 보호 즉 사고의 결과인 재해로부터 인명과 재산을 보호하는 것을 말한다.

① 안전관리의 정의

비능률적인 요소인 재해가 발생하지 않는 상태를 유지하기 위한 활동, 즉 재해로부터 인간의 생명과 재산을 보호하기 위한 계획적이고 체계적인 제반활동을 안전관리라 한다.

② 안전관리의 의미

웹스터 사전에서 정의한 의미는 안전은 상해, 손실, 감손, 위험에 노출되는 것로부터 자유를 말하며, 방호장치, 시건장치, 질병의 방지에 필요한 기술 및 지식을 안전이라고 한다.

하인리히의 안전론에서는 안전은 사고의 예방이며 과학적 기술의 체계를 안전에 도입함으로써 사고예방은 물리적 환경과 인간 및 기계의 관계를 통제하는 과학인 동시에 기술이라고 하였다.

버크호프의 안전론에서는 안전은 인간 지식의 예측을 뒤엎고 돌발적으로 발생하는 사건을 인간 형태학적 측면에서 과학적으로 통제하는 것이다. 또 안전과학은 인간이외적 조건인 위치, 전기, 열, 화학, 물리학 등 여러 가지 시스템과 연관

된 사항에 대한 인간 행동 과학이다.

③ 산업 안전관리의 중요성

인도주의적 측면에서 피할 수 있는 사고를 야기하여 인명과 재산상 손실을 입는다는 것은 도덕적 죄악이다. 사회적인 측면에서 예방할 수 있는 재해를 예방하지 못하고 인명과 재산 상 손실을 입는다면 경영주는 사회적 책임을 다 하지 못한 것이다.

생산성 향상 측면에서는 안전이 보장된다면 생산성이 향상되고 기업의 궁극적 목표인 이익이 보장된다.

④ 안전과 생산성의 관계

생산의 원활한 유지는 안전 확보에 있으며 안전은 바로 생산의 매체를 올바르게 유지시키는 역할을 한다. 경영자는 생산능률을 향상시키고 제품의 품질을 향상시키기 위하여 안전이 제일이라는 확고한 인식이 있어야 한다.

⑤ 기업경영과 안전책임

경영자의 안전책임은 근로자에 대한 안전책임, 사회적인 안전책임, 회사차원의 안전책임이며, 근로자는 안전유지와 재해방지를 위하여 필요한 제반 규정을 준수해야 하며 재해예방에 관한 각종 조치에 협력해야 한다.

6) 사고와 재해

① 사고(incident)

고의성이 없는 불안정한 행동과 불안정한 상태가 원인이 되어 작업을 저해하고 능력을 저하시키며 직간접적으로 인적, 물적 손실을 가져오는 사고를 말한다. 사고의 종류는 아차사고, 재해사고, 상해, 손재 등이 있다.

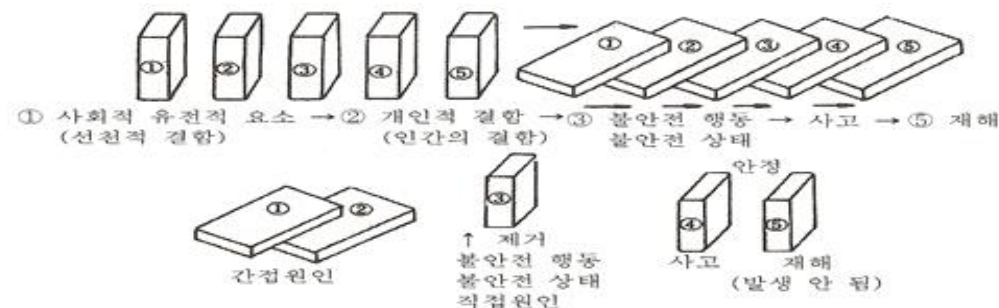
② 재해(loss, calamity)

재난의 결과로 나타난 인명과 재산의 손실

7) 재해발생 원리

① 사고발생 5단계

사회적 환경과 유전적 요소-개인적인 결함-불안정한 행동과 불안정한 상태-사고-재해



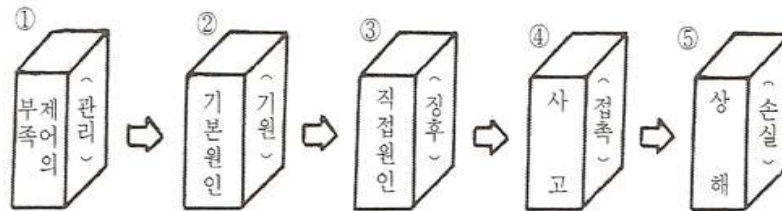
[그림 2-77] 재해발생의 연쇄 상관성

② 버드(Bird)에 의한 재해의 연쇄이론

버드의 연쇄이론은 기본원인 제거가 중요함을 강조.

제어의 부족-직무계획 책정, 실시기준 설정, 실시평가, 계획의 개선

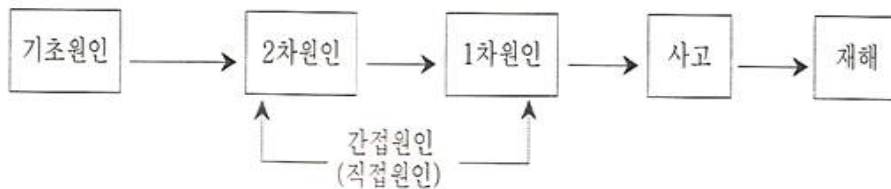
- 기본원인-개인적 요인, 작업상 요인
- 직접원인-징후, 사고(접촉), 상해(손실)



[그림 2-78] 버드의 연쇄 이론

③ 재해발생 원인분석

재해원인은 통상적으로 직접원인과 간접원인으로 나뉘어진다.



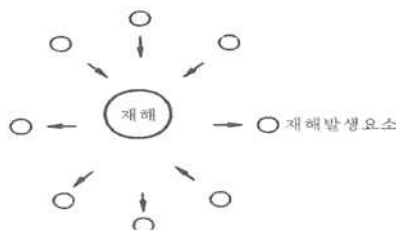
[그림 2-79] 재해원인과 재해발생의 연쇄관계

- 직접원인-불완전한 행동(인적 원인), 불안정한 상태(물적 원인)
- 간접원인-관리적 원인, 교육적 원인, 기술적 원인, 신체적 원인

8) 재해발생 형태

(가) 단순 자극형(집중형)

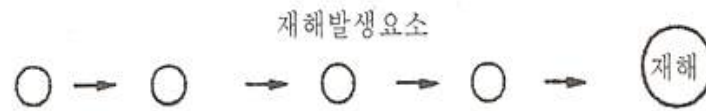
재해발생 요소가 각각 독립적으로 작용하는 형태로 일시적으로 한곳에 집중되는 형태



[그림 2-80] 단순 자극형

(나) 연쇄형

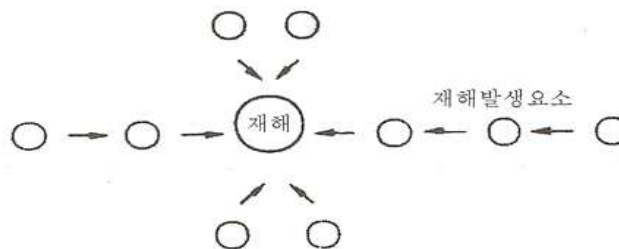
하나의 요소가 원인이 되어 다른 요인을 발생시키고 또 다른 요인을 발생시키는 형태 즉 연쇄적인 형태



[그림 2-81] 연쇄형

(다) 복합형

집중형과 연쇄형의 복합적인 형태. 대부분 재해는 복합형에 의해 발생한다.

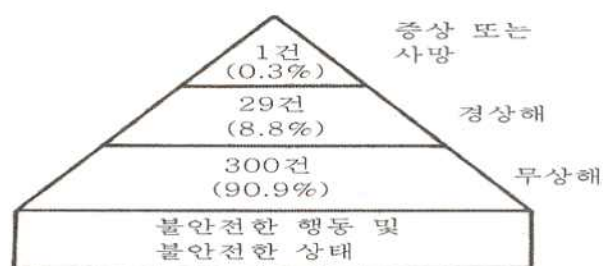


[그림 2-82] 복합형

9) 재해 발생비

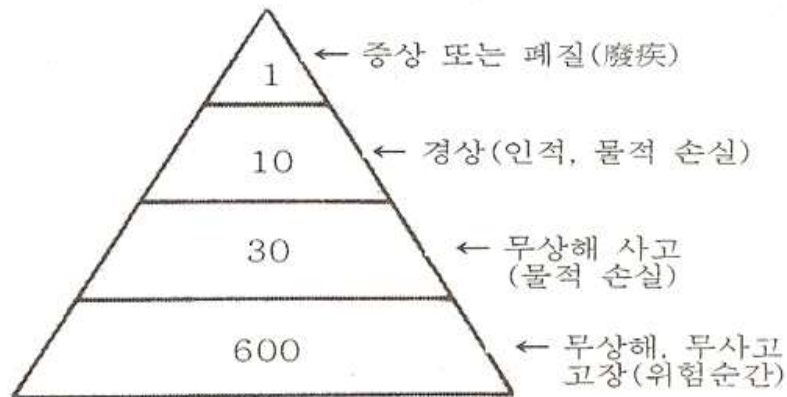
① 하인리히의 재해 발생비율(1:29:300의 법칙)

하인리히는 약 5,000건의 사고를 분석한 결과 330건의 사고가 발생할 때 무상해 사고 300건, 경상해 사고 29건, 사망 중상해 사고 1건의 비율로 재해가 발생된다는 이론이다. 재해 발생비율은 중상 1건, 경상 10건, 무상해 사고 30건, 무상해사고 고장 600건 비율로 사고가 발생한다는 이론이다.



[그림 2-83] 하인리히의 재해발생비율

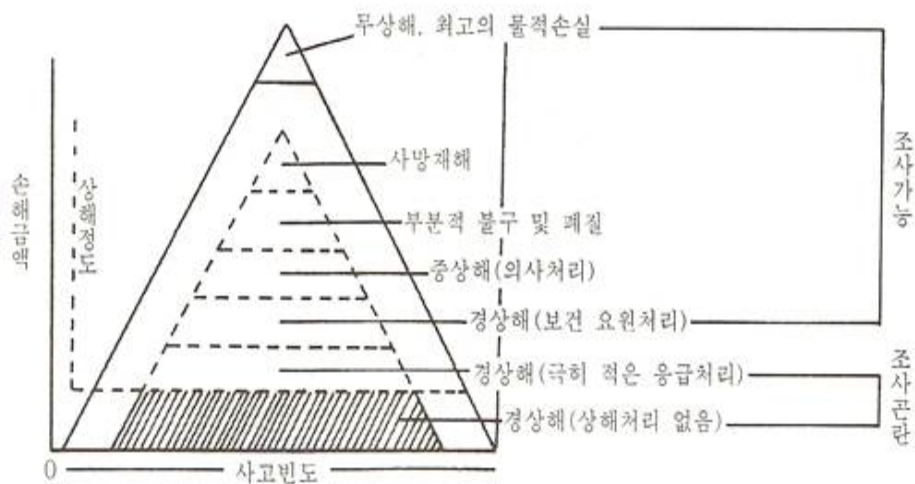
② 중상1건, 경상10건, 무상해사고 30건, 무상해, 무사고, 600건의 비율발생



[그림 2-84] 버드의 재해발생비율

③ 콧 패스의 이론

재해사고의 크기와 빈도에 관한 이론 1명의 상해사고가 없는데도 수십 억원의 경제적 손실의 발생 가능성을 예고하고 있다.



[그림 2-85] 콧 패스의 재해발생 이론

10) 산업재해의 정도별 구분

- ① 사망-산업현장에서 업무 중 목숨을 잃게 되는 경우
- ② 중상-4일 이상의 휴업을 요하는 재해(입원치료 중대한 상태)
- ③ 경상-4일 미만의 치료를 요하는 재해(부상상태가 경미한 상태)
- ④ 경미상-불휴 재해를 말함(통원치료를 할 수 있는 정도)

- ⑤ 휴업재해-치료를 받기위해 입원하여 업무를 중단한 재해
- ⑥ 불휴재해-업무를 보면서 통원 치료하는 재해(경상 이하)

11) 부상의 종류에 의한 구분

- ① 중상해-부상으로 2주 이상 노동손실을 가져온 상해정도
- ② 경상해-부상으로 1일 이상 4일미만 노동손실 가져온 상해정도
- ③ 경미상해-부상으로 8시간 이하의 휴무 또는 작업에 종사하면서 치료를 받는 정도의 상해정도

12) 재해율 계산

- ① 근로손실일수의 산출근거 (신체장애등급1-3등급)
 - 사망자의 평균연령 30세
 - 근로가능연령 55세
 - 근로손실 일수 $55-30=25$ 년
 - 연간 근로일수 300일
 - 사망으로 인한 근로 손실일수 $=300*25=7,500$ 일
- ② 연 근로시간 10만 시간의 산출근거
 - 1인의 근로시간을 40년간으로 하고 1일 8시간 1개월 25일 1년 12개월의 근로와 초과시간 근로를 연간 100시간으로 정할 경우
 - 근로자 1인당 근로 가능시간
 - $$=(8시간*25일*12개월*40년)+(100시간*40년)=100,000시간$$

13) 재해조사 분석

- ① 사고 조사의 본질적 특성
 - 사고의 시간성-사고의 본질은 시간적이다.
 - 우연성 중의 법칙성-우연처럼 보이지만 법칙에 따라 발생
 - 필연성 중의 우연성-인간이 착오를 일으켜 사고의 기회 조성
 - 사고의 재현 불가능성-인간의 의지에 반하여 발생 재현 불가
- ② 재해 발생 시의 조치
 - 긴급처리-피해기계 정지, 피해자 응급처치, 관계자 통보, 현장 보존
 - 재해 조사-6하 원칙(5W1H)
 - 원인 강구
 - 대책 수립
 - 대책 실시 계획
 - 실시
 - 평가

<참고 : 재해사례 연구 교육자료>



[그림 2-86] 안전교육 포스터

<안전·보건표지의 종류와 형태(산업안전보건법 시행규칙 별표 1의 2)>

1 금지표지	101 출입금지	102 보행금지	103 차량통행 금지	104 사용금지	105 탑승금지	106 금연	107 화기금지
108 물체이동금지	2 경고표지	201 인화성물질경고	202 산화성물질경고	203 폭발성물질경고	204 급성독성물질경고	205 부식성물질경고	206 방사성물질경고
207 고압전기경고	208 매달린물체경고	209 낙하물경고	210 고온경고	211 저온경고	212 물균형상실경고	213 레이저광선경고	214 발암성·변이 원성·생식독성 전신독성·호흡 기과민성 물질 경고
215 위험정소 경고	3 지시표지	301 보안경착용	302 방독마스크착용	303 방진마스크착용	304 보안면착용	305 안전모착용	306 귀마개착용
307 안전화착용	308 안전장갑착용	309 안전복착용	4 안내표지	401 녹십자표지	402 응급구호 표지	403 들것	404 세안장치
405 비상용기구	406 비상구	407 좌측비상구	408 우측비상구	5 관계자의 출입금지	501 허가대상물질작업장		502 석면취급/배제작업장
					관계자의 출입금지 (허가물질 명칭) 폐기/사용/보관중 보호구/보호복 착용 흡연및음식을 섭취 금지		관계자의 출입금지 석면 취급/배제중 보호구/보호복 착용 흡연 및 음식물 섭취 금지
503 금지대상물질의 취급 실험실 등		6 문자 추가시 예시문		 화기엄금	• 내 자산의 건강과 복지를 위하여 안전을 늘 생각한다. • 내 가정의 행복과 화목을 위하여 안전을 늘 생각한다. • 내 자신의 실수로써 동료들 해치지 않도록 안전을 늘 생각한다. • 내 자신이 일으킨 사고를 인한 회사의 재산과 손실을 방지하기 위하여 안전을 늘 생각한다. • 내 자산의 방심과 불안전한 행동이 조국의 번영에 장애가 되지 않도록 하기 위하여 안전을 늘 생각한다.		
관계자의 출입금지 발암물질 취급중 보호구/보호복 착용 흡연및 음식을 섭취 금지							

[그림 2-87] 산업.안전 표지일람표

20. 단조산업 동향

가. 국가별 기술개발 동향

1) 미국

미국에서는 미국단조협회(FIA), 단조교육연구재단(FIERF), Energetic사가 공동으로 단조기술로드맵을 매년 발간하고 있다. 미래의 중점 연구분야는 친환경적인 단조기술로 요약되고 있으며 주요 내용으로는 다음과 같다.

- 생산시간 단축을 위한 공정 효율화
- 금형수명 향상을 위한 나노 코팅 기술 및 고수명의 금형 소재 개발
- 로봇을 활용한 공정 자동화
- 무윤활 공정 및 윤활 최소화 기술
- 직접 담금질 및 제어 냉각 기술
- 재료비 및 에너지 절약을 위한 준정형 가공 기술
- 소재 가열 공정의 최적화 및 에너지 절약을 위한 대체에너지 개발
- 형단조 공정에서의 소재 이용률 극대화
- 고강도, 경량 소재의 개발 및 단조기술 개발
- 열처리 생략형 공정 개발

< (미국)기관별 기술개발 현황 >

기관명	주요 내용
Colorado School of Mines	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 다양한 철계 소재의 최적 열간단조온도 DB화 ▪ 자유단조공정에서의 내부 기공 분석 ▪ 냉간 단조성 향상을 위한 구상화 열처리 조건 도출
Ohio State Uni.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 금형소재, 윤활방법, 에너지 저감형 단조기술 개발 ▪ 링기어 단조공정 시 재료 및 에너지 최적화 ▪ 냉온열간 단조공정시 제품의 초정밀화, 고강도화, 저마찰화 연구 수행
Uni. of Toledo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 단조 및 주조 크랭크샤프트의 피로성능 및 수명 비교 연구

[그림 2-88] 미국의 기술개발 현황

2) 일본

- 일본은 고난위 헬리컬 기어 단조기술 및 마그네슘합금을 적용한 스크롤 로터 단조 기술을 세계 최초로 개발할 만큼 단조기술에 관한 세계 최고 기술을 보유하고 있음.
- 일본의 단조기술 개발 현황을 살펴보면, 지능형 단조기술, 에너지 저감 단조기술, 신소재를 적용한 단조기술 개발로 요약될 수 있음.

< (일본)기관별 기술개발 현황 >

기관명	주요 내용
Nagoya Uni.	<ul style="list-style-type: none"> 베벨기어류의 초정밀 냉간 단조기술 철계/비철계 이중 재료의 냉간 단조기술 개발을 통한 자동차 엔진 부품력 강화
Yamanaka eng.	<ul style="list-style-type: none"> 금형수명 향상을 위한 CAE 해석 기술 활용 장수명 금형 개발을 위한 공정 설계 및 금형 설계 기술

[그림 2-89] 일본의 기술개발 현황

3) EU

- 유럽 공동체 내에서의 공동연구가 활성화되어 있으며 대표적인 프로젝트 EUREKA-Factory Project 임.
- 단조기술이 가장 앞서 있는 독일과 이탈리아의 연구개발 동향은 단조품의 초정밀화 및 경량화, 설계공정의 합리화, 에너지 효율 향상으로 요약될 수 있으며, 주요 연구개발 현황은 다음과 같음.
- 금형 마모 및 수명 향상 연구(세라믹 금형 개발 및 표면 최적화 측면)
- 초음파를 적용한 금형과 보강 링의 억지끼워 맞춤량에 관한 연구
- 단조공정 중 결함 발생의 실시간 모니터링 기술
- 마찰 모델 개발(윤활 조건 모사)
- 친환경 냉간 단조기술(냉간 단조 시 결함 여부 확인을 위한 방법 연구)
- 정밀 단조공정 시 전사적 품질 관리 시스템 구축
- 복잡 형상의 마이크로 부품 정밀 성형을 위한 기술 혁신
- 미세조직 예측 및 이를 연계한 변형 해석 프로그램

< (유럽)기관별 기술개발 현황 >

기관명	주요 내용
UBF(독일)	<ul style="list-style-type: none"> 단조기술 이론 및 해석, 성형 및 설계 기술 개발 - 압연 및 스폿닝 성형기술 - 냉/온/열 간단조기술 : 마찰조건, 미세조직, 상변태, 유동응력 측정 연구, TMT 기술, 로봇기반 단조기술 개발 - 소성가공 전용 해석 툴 개발연구
LFT(독일)	<ul style="list-style-type: none"> 치수 정밀도 및 금형수명 향상 기술 개발 - FEM 기반 민감도 분석을 적용한 치수정밀도 향상 기술 - 세라믹계 금형 적용 기술 - 금형의 국부적 표면 개발을 통한 금형수명 향상기술
DIMEG(이탈리아)	<ul style="list-style-type: none"> 소성가공기술 해석 및 이론 개발 - 독일의 IBF와 연구내용 유사

[그림 2-90] 유럽의 기술개발 현황

4) 한국

- 국내의 단조기술 연구는 주로 대학 및 연구소에서 이루어지고 있다.
- 대학에서는 소성가공해석 프로그램 개발, 미세조직 및 변형연계 모델링, 유동응력 모델링, 쾌속성형, 미세성형 등 기초연구개발에 집중하고 있으며, 연구소에서는 기개발된 다양한 소성가공기술 및 이론을 응용해 소성가공품의 양산기술에 적용하는 연구를 수행하고 있음.
- 또한 연구기관을 중심으로 원천기술 특허의 확보와 더불어 지속적인 산학연 과제 발굴 및 수행에 의한 지식재산권 확보를 위해 노력하고 있음.

< (한국)기관별 기술개발 현황 >

기관명	주요 내용
재료연구소	<ul style="list-style-type: none"> 소성가공 공정 응용 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> TMT 기술(미세조직 모델링을 통한 열간단조품의 고비강도화 기술-풍력발전 부품) 단조기술 : 치수정밀도 향상기술(헬리컬, 베벨, 스파이럴, 펑기어의 고정밀화 기술 등-자동차부품) 비철금속 및 난성형 소재 성형성 향상 기술 고기능성 고속 단조 성형 기술 링롤링, 롤포밍, 플로우 포밍 등 신소성가공기술 개발
한국생산기술연구원	<ul style="list-style-type: none"> 미세성형기술 <ul style="list-style-type: none"> 마이크로 기능성 초정밀 부품 제조 기술 Display용 소자 가공기술 고효율 연료전지 핵심 부품 가공기술 마이크로 시편의 유동응력 모델링 기술 디지털 설계 및 가공 기술, 고속 생산성 금형 설계기술
KAIST	<ul style="list-style-type: none"> 소성가공 기술 기초 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> 체적성형해석 프로그램 개발, 압연해석 프로그램 개발 미세조직 제어 모델링 기술, 전문가 시스템 개발
부산대	<ul style="list-style-type: none"> Micro, Meso, Nano scale 소성가공공정 설계 시스템 및 금형설계 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> 신소성가공 공정 개발, 초정밀 전기전자 부품 개발, 초정밀용 금형설계 기술 및 윤활유 특성 평가 기술 개발 알루미늄 주단조기술, 설계 자동화 기술 개발

[그림 2-91] 한국의 기술개발 현황

나. 기술경쟁력 분석

- 국내 소성가공의 기술수준은 선진국 대비 약 80% 수준으로 평가됨.
- 특히 정밀 냉간단조 및 유동성형 기술에서 선진국과는 상당한 기술력의 차이를 보이고 있음.

- 국내의 단조기술은 1970년대 자동차산업의 발전과 함께 비약적으로 발전하기 시작했음.
- 최근들어 베벨 기어, 헬리컬 기어 등의 복잡형상의 제품을 성형하기 위한 고난위 정밀 냉간단조 기술이 개발되면서 일본·독일과의 기술격차가 좁혀지고 있음.
- 그러나 점진성형의 하나인 유동성형은 전용 장비를 대부분 독일이나 일본에서 수입하고 있는 실정으로 기술격차는 20년 이상 뒤떨어져 있는 것으로 평가됨.

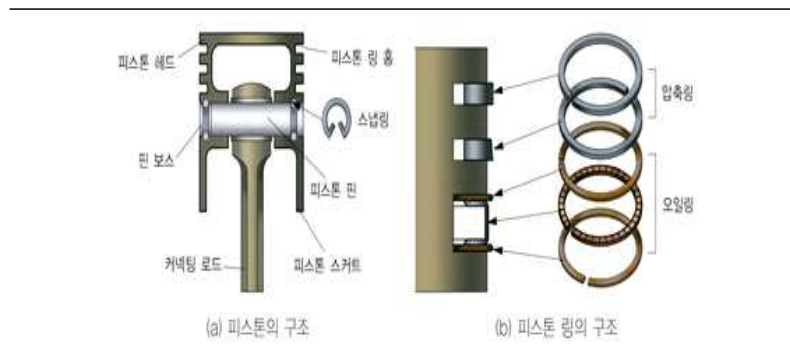
구분	기술경쟁력 현황		최고기술포유국(100%)
	기술격차(년)	상대적 수준(%)	
냉간단조	10	80	독일/일본
온간단조	10	80	독일/일본/이탈리아
열간단조	5	90	독일/일본
형단조	5	90	독일/일본
자유단조	5	90	이탈리아/일본
특수성형	20	50	독일/스위스

[그림 2-92] 한국의 기술경쟁력 분석

다. 자동차부품 기술개발 동향

1) 경량화 소재의 적용

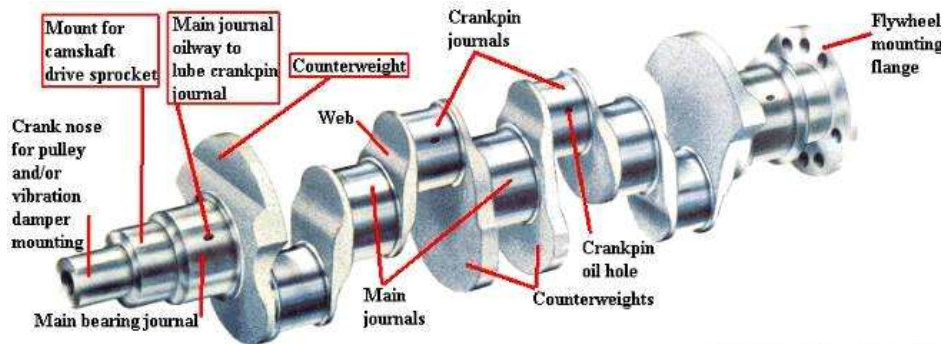
- 피스톤 핀 : 크롬강을 소재로 기계구조용 합금강으로 냉간단조로 형상화 성형, 침탄담금질, 뜨임처리 후 사용, 피스톤과 커넥팅 로드 연결
- 커넥팅 로드(Connecting Rod) : 피스톤이 받은 폭발력을 왕복운동 ⇨ Crank Shaft로 전달 ⇨ 회전력
- SM48C 등의 중탄소강에 담금질, 뜨임, 열처리를 실시한 재료가 일반적으로 사용, 열간단조 후 직접 담금질, V첨가한 비조질강의 채용, SM43CVLI 등 채용, Ti합금과 알루미늄 합금이 후보



[그림 2-93] 피스톤, 링

2) 크랭크샤프트(Crank Shaft) : 피스톤이 받은 폭발력을 커넥팅 로드를 거쳐 회전운동
 ⇨ 회전력 ⇨ 출력발생.

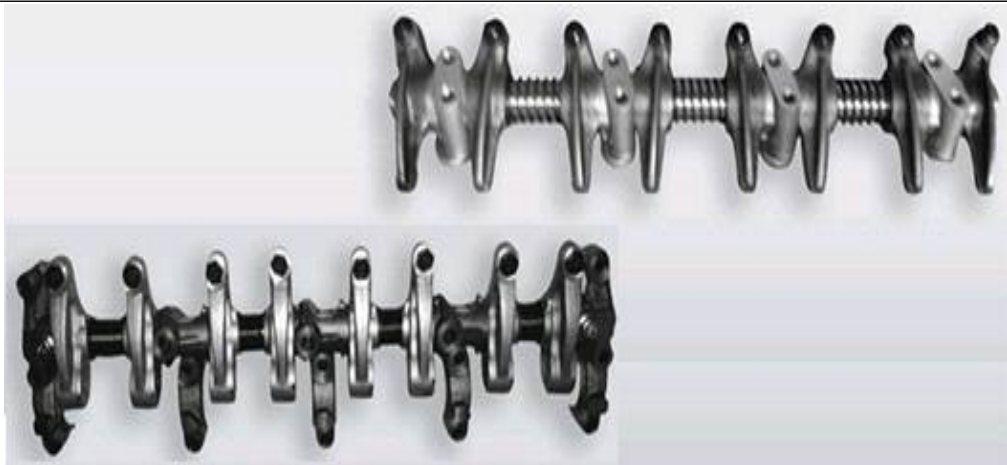
- 연결단조로 성형한 후 담금질, 뜨임 열처리 V침가 비조질 강도 채용 증가, 파일럿
 알가공 : 높은 응력이 걸리는 파일럿부의 롤부에 잔류압축응력을 부여하는 소성가공
 법 활용



[그림 2-94] 크랭크샤프트

3) 로커 암(Rocker Arm) : Cam Shaft의 회전운동을 왕복운동으로 변환

- SOHC식 Al합금 다이캐스팅품 AIDC10, AIDC12, 저합금주강(Cr강, Cr-Mo강)인 정밀주조 부
 품 고강도, 고강성의 (SCM415) 단조품으로 대별
- 경량화, 저코스트화로 가볍고 강도가 큰 Ti, Mg 합금의 실용화 개발



[사진 2-113] 크랭크 조립

- 프로펠러 샤프트(Propeller Shaft) : 엔진, 클러치, 트랜스미션으로부터 후방 디퍼런셜
 기구 구동축에 구동력을 전달

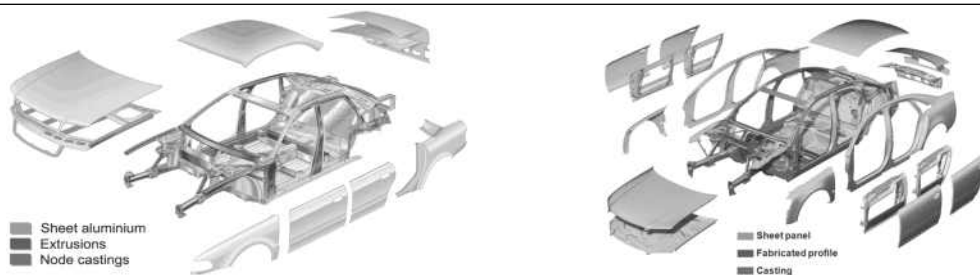


[사진2-114] 피스톤핀과 컨넥팅 로드

- STKM13B 구조용 탄소강을 소재로 하며, 제조단가를 낮추기 위해 V-Ti계의 비조질강 냉간단조법도 검토

4) 경량화 소재의 적용

- 경량화는 소재·부품 개발 차원이 아니라 경량화 소재 설계, 성형 및 가공 공정 개발, 부품 모듈화 및 재활용까지 라이프사이클에 걸친 접근이 필요한 산업으로, 밸류 체인(Value Chain)간 기술융합이 필수적인 산업 생태계
 - 미, EU, 일 등 선진국은 강화되는 연비 및 배출가스 규제에 능동적 대응을 위해 소
 - 가공-모듈-완성차 산업간 유기적으로 융합된 수송기기 경량화기술개발 추진 중
 - 수송기기용 경량화 소재는 금속의 경우에는 주철, 주강과 철강 소재에서부터 알루미늄, 마그네슘 및 타이타늄 등
 - 고분자 소재는 구조 재료로 적용 가능한 범용 엔지니어링 플라스틱, LFT 복합소재, 슈퍼엔지니어링 플라스틱 및 CFRP 등
 - 자동차 산업에서 초기 경량화 기술은 기존의 철강 소재 차체를 알루미늄 및 마그네슘 소재로 대체하는 기술과 철강 소재의 강성 향상에 따른 두께, 형상 및 제조공법 변경을 통한 경량화로 구분
 - 모두 단일 금속 소재를 중심으로 경량화 기술개발이 진행
- 스포츠카 및 프로토타입으로 제조하는 미래지향적 컨셉트 카를 제외하고, 양산에서 자동차 경량화를 위한 경량 소재 적용은 1994년 독일 Audi A8의 BIW(Body in White)에 적용된 ASF® (Aluminum Space Frame) 알루미늄 합금이 최초

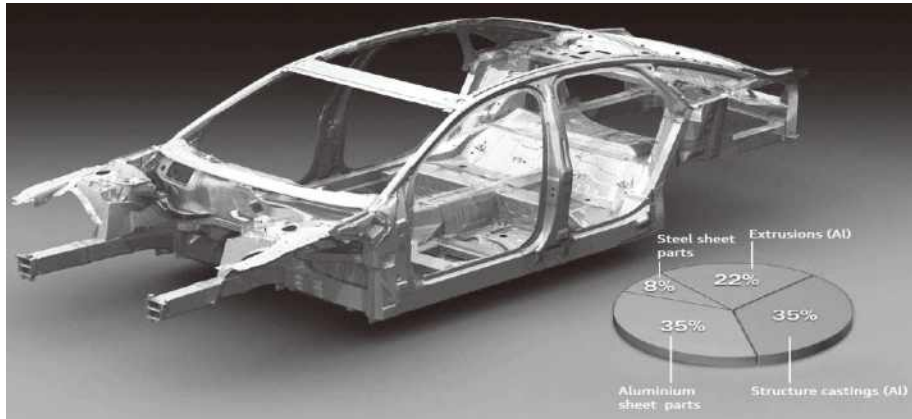


[그림 2-95] 아우디 A8에 적용된 알루미늄 소재 차체 세대별 구성도

- 기존 철강 소재 차체를 고급 세단부터 알루미늄 소재로 대체가 시작됨에 따라서, 전 세계 철강기업 35개사가 공동으로 ULSAB(Ultra Light Steel Auto Body) 프로젝트를 1995년부터 시작하여, 철강 소재만으로 기존 철강 차체 대비 25%의 경량화 가능성을 제

시

- 초기의 자동차 경량화는 기존 철강 소재를 알루미늄 및 초고장력 철강 소재로 대체하는 개념으로 시작되었으나, 제조단가, 생산성 및 충돌 안전성 확보 측면에서 단일 소재가 아니라 다중 금속 소재 적용 필요성 대두



[그림 2-96] 아우디 A8에 적용된 알루미늄 차체도

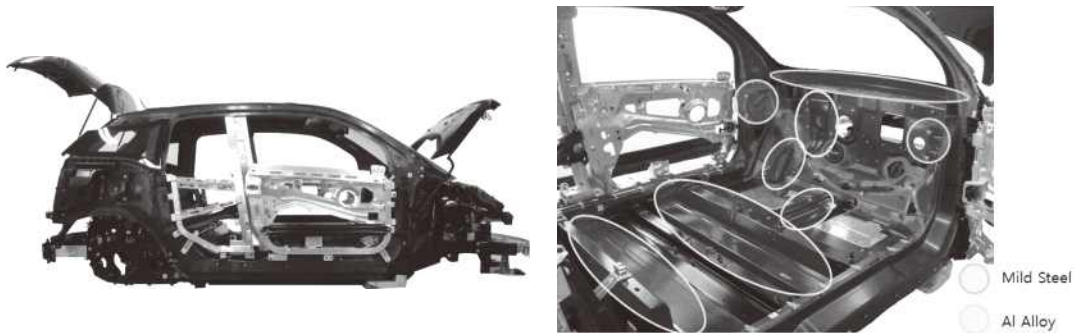
- 센터 필러 및 충돌 시 강화가 필요한 주요 부위에 초고장력강을 적용
- 철강 소재를 적용하던 메이커에서도 차량 구동 성능 및 NVH 성능 향상 이 필요한 부위에는 알루미늄을 적용하고, 차체 강성 확보가 필요한 부위에는 고장력강의 적용 이 증가하고 있음.

5) 다중 금속 소재

- 다중 금속소재 적용을 통한 경량화는 전 세계 자동차 메이커의 가장 보편화된 경량화 기술이 되어 가고 있지만, 기술적으로 극복이 필요한 기술들이 늘어나고 있음.
- 다중 금속소재 적용 시 이종 금속 간 전위차에 의한 부식문제 해결 필요
- 이종 금속 접합 시 부식문제 방지를 위하여 기계적 접합 및 화학 접착제를 사용함에 따라서 적절한 접합강도 확보 방안 필요
- 이종 금속 접합에 화학 접착제 적용 시 생산성 저하, 치수 정밀도 저하 및 변형 방지에 대한 근본적 해결 기술이 필요
- 현재까지 다중 금속소재 적용 시 문제점은 소재 및 생산 과정에 초점이 맞추어져 있지만, 다중 금속소재 적용 1세대 차량의 수명이 다하는 향후 5년 후 부터 실질적인 문제는 바로 재활용성 저하임.
- ELV(End of Life Vehicle) 규제는 ISO 22628에 의거, 자동차의 재활용 가능성을 85 재회수 가능성을 95%를 만족하도록 함.
- 100g 이상의 플라스틱 부품 및 200g 이상의 고무 부품은 재질 마킹이 필요하지만, 금속 소재의 경우에는 재질 마킹 및 재질 구분에 상관없이 재활용 및 재회수 가능성을 100%로 구분하고 있음.

5) MMI 기술

- 자동차에서 경량화 요구가 기존 내연기관보다 더 큰 전기 동력 자동차 및 고급 자동차의 경우에는 기존의 다중 금속소재 경량화만이 아니라 고분자 소재 까지 적용한 MMI(Multi Material Integration) 기술 필요

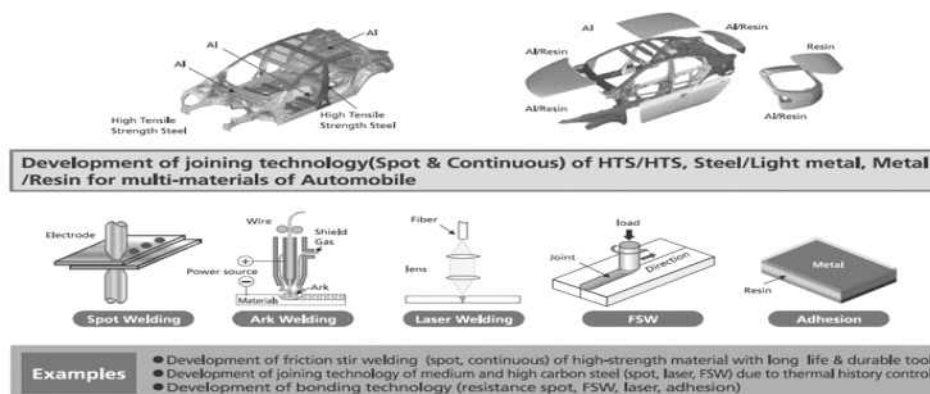


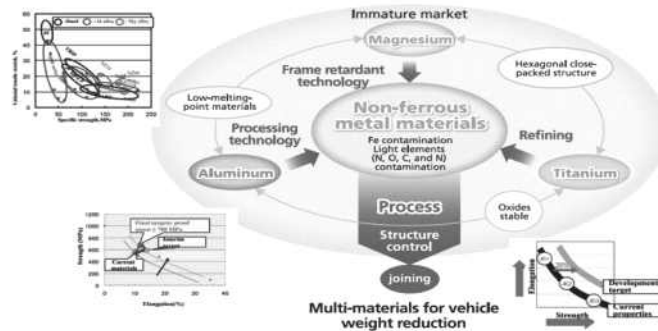
[그림 2-97] 알루미늄 및 철강 적용 차체

- BMW i3는 항공용 소재로 알려진 CFRP를 저가로 대량 생산할 수 있는 RTM(Resin Transfer Molding) 공법과 접착제를 이용하여 CFRP, 알루미늄 및 철강 소재로 이루어진 경량 차체를 개발하여 상용화하였으며, 향후 내연기관 자동차에까지 확대할 예정

6) 일본의 신재료 현황

- 일본은 혁신적 신구조재료 기술개산구조재료 기술개발 (Innovative Structural Materials Association, ISMA)로 2014년 대비 2022년까지 자동차 등 수송기기 50% 경량화 목표
- 혁신적 구조재 프로젝트 구성 및 이종소재 접합기술 개발, 30GPa% 강성지수 스틸 개발, 자동차용 고특성 저가 비철 개발, 저가 대량 생산 CFRP 개발, 전략적 원천 소재 개발 등을 추진





[그림 2-98] 일본의 신재료 현황

21. 단조기술 동향

가. 자동차 소재부품 트렌드

1) 모듈화

- 모듈화 부품공급 구조단계에 따라 단품→모듈 제작→차량제작 순으로 순차적인 제작이 이루어지는 것으로 완성차 제작과정이 조직화됨을 의미함.
- 모듈이란 자동차 부품들의 기능을 갖는 조립단위를 의미함.
- 부품공급 구조상 가장 하위에 위치한 단품 생산업체가 상위 부품업체에 단품을 납품하면, 상위업체가 단품들을 조립하여 모듈을 제작하고, 완성차업체는 상위업체들로부터 공급받은 모듈들을 조립해 차량을 제작하는 방식
- 모듈화를 통해 과거 완성차업체가 담당하였던 부품조립 과정들 중 상당부분이 부품업체들로 이관되고 있는 추세
- 완성차업체 입장에서는 조립공수 및 조립 소요시간을 단축시킬 수 있고, 모듈 생산 관련 설비투자 부담이 감소되며, 직접 관리하는 부품 수 및 업체 수 가 감소함에 따라 효율이 높아짐.
- 부품업체들의 경우 단품 납품 시보다 외형성장 및 규모의 경제 확보가 용이해지고, 모듈의 개발·설계부터 생산 및 품질관리, 원재료 조달 등의 전 분야를 통제하면서 기술개발 및 모듈단위 전체의 원가관리 등 사업기회 확대가 가능함.

2) 플랫폼

- 통합 및 부품공용화 완성차 업체들은 개발기간 단축, 개발비용 축소, 부품공용화를 통한 규모의 경제 확보를 목적으로 모델간 플랫폼 통합 추진
- 플랫폼이란 자동차의 기본 뼈대로서 주행성능·승차감·내구성·충돌안전성 등 기본 성능과 제원을 결정하는 핵심적으로 부분으로 차량의 하부구조를 구성하는

엔진과 파워 트레인을 비롯한 새시부품들의 집합체를 의미함.

- 외양(차체)과 플랫폼 내에서의 일부 사양을 변경시키는 것만으로도 모델의 특성을 살리는 것이 상당 부분 가능하기 때문에 자동차 업계에서 플랫폼 통합을 점차 늘리고 있는 추세임
- 최근에는 다양한 부품 모듈군을 개발해 블록 조립과 같이 조합해서 차량을 제작하는 모듈단위 설계 전략이 대두되고 있음.

3) 경량화

- 경량화 경쟁이 가속화되면서 국가별, 업체별로 신소재 개발을 중심으로 하는 광범위한 기술 개발이 진행
- 고강도강, 알루미늄합금, 마그네슘합금 등의 경량금속 재료의 채택이며, 탑승자의 안전과 직결되는 기계적 특성의 우수성으로 인해 당분간 금속재료가 여전히 자동차 재료를 주도할 것으로 예상됨.
- 2010년 평균적인 중형 자동차를 기준으로 사용된 소재를 분석해 보면, 금속소재의 비중은 대략 75%이며, 이중 전통적인 철강소재(마일드강 또는 일반적인 고강도강)가 60%, 고강도강(Advanced HighStrength Steel)이 6.2%,알루미늄 8.4%, 마그네슘이 0.6%를 점유하고 있음.
- GM의 경우도 일반 차량의 경우 총 중량의 62~67%를 철강소재가, 경합금이 4~8%, 고무와 플라스틱 혼합물이 15~18%를 차지하고 있어, 아직도 철강 소재가 차량 중량에서 압도적인 비중을 점유하고 있음.
- 따라서 경량소재로 주목받고 있는 고강도강, 알루미늄합금, 마그네슘합금의 기술을 기반으로 기존의 엔진 블록 등 중량 부품에서 전기자동차나 하이브리드자동차의 배터리 팩, 구동모터 등 신규 중량 부품까지 경량화를 위한 대체소재 시장의 확대가 예상됨.

< 경량화 소재별 주요 특성 >

구분	비중	비강도	톤당 상대가격	주요공법	주요부품	비고
고강도강	7.8	~50 (SAPH38)	1.0	프레스성형 하이드로포밍	<ul style="list-style-type: none"> Sub Frame Control Arm Cross Member 	공정비 저렴 경량화<10%
알루미늄	27	~110 (A356-T6)	4.4	주조/단조 다이캐스팅 압출/압연	<ul style="list-style-type: none"> Cylinder Block/Head Body Frame Chassis Parts 	공법 다양 다수 적용
마그네슘	1.7	~132 (AZ91D)	5.0	다이캐스팅	<ul style="list-style-type: none"> Casing,Housing Cowl Cross member Steering Wheel 	판재 성형 공법개발중
플라스틱	0.9~ 2.1	~40 (PP)	2.2	사출성형 발포성형	<ul style="list-style-type: none"> 의장부품 엔진커버류 	공법 다양 다수 적용

자료: 현대모비스

[표 2-7] 경량화 소재 특성

나. 자동차 소재부품 시장

- 알루미늄 소재의 우수한 재활용성은 현재 시장의 니즈에 가장 부합하는 특성이며, 2010년 차량 평균 약 119kg 정도 적용되고 있고 2017년에는 147kg까지 확대될 전망
- 전체 자동차 산업에서의 알루미늄의 소요량은 2010년 570만톤 규모에서 연 평균 7.9%내외의 성장을 할 것으로 예상되며, 2017년 980만톤으로 증가할 것으로 예상됨.
- Freedom Car 프로젝트와 같은 자동차 경량화 프로그램이 종료되어 상용화될 경우 자동차 1대당 약 150kg의 마그네슘합금이 적용될 것으로 예측
- 전체 자동차 산업에서의 마그네슘의 소요량은 2010년 42만톤 규모에서 연평균 7.9%내외의성장을 할 것으로 예상되며, 2017년 79만톤으로 증가할 것으로 예상됨.



자료 : Frost & Sullivan, www.plasticbiz300.com

[그림 2-99] 자동차에 적용되는 경량금속별 시장 전망

다. 자동차용 단조품 시장

1) 세계시장

- 자동차 산업은 전기자동차 등 차세대 자동차 개발에 힘입어 시장규모는 계속 성장할 것으로 예상되며, 이에 따라 자동차용 단조품 시장도 확대가 예상됨.
- 세계 자동차용 단조품 시장은 연평균 7.2%의 성장률로 2021년에 392억달러로 성장할 것으로 예상됨.

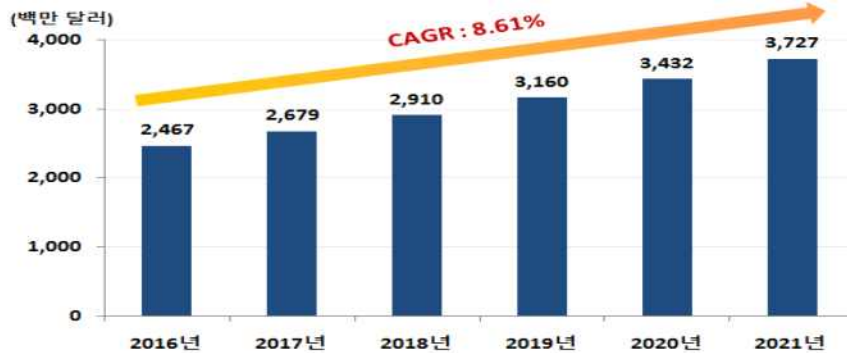


자료 : Big Blue Banyan, 2017

[표 2-8] 세계 자동차용 단조품 시장

2) 국내시장

- 국내 자동차용 단조품 시장은 연평균 8.6%로 성장하여 2021년에는 37억달러 규모로 확대될 것으로 전망



자료 : Big Blue Banyan, 2017

[표 2-9] 한국 자동차용 단조품 시장

3) 미국시장

- 미국 자동차용 단조품 시장은 연평균 7.8%로 성장하여 2021년에는 99억 달러 규모로 확대될 것으로 전망



자료 : Big Blue Banyan, 2017

[표 2-10] 미국 자동차용 단조품 시장

4) 유럽시장

- 유럽 자동차용 단조품 시장은 연평균 8.4%로 성장하여 2021년에는 84억 달러 규모로 확대될 것으로 전망



자료 : Big Blue Banyan, 2017

[표 2-11] 유럽 자동차용 단조품 시장

라. 항공부품 산업 시장

- 세계 항공부품 산업은 2014년 1,082억 달러에서 2023년 1,750억 달러로 성장할 것으로 전망
- 항공 수요는 아시아 지역의 여객 수요와 항공화물 운송량 증가 전망
- 노후기 대체 및 신형 수요는 노후기 대체 수요와 기술·부품개발 성공에 따른 신형 항공기 수요 유지
- 현재 운항 중인 항공기 대부분이 '90년대 이전에 생산된 항공기로 향후 10년간 신형 항공기 대체 수요가 지속 가능
- 기체 경량화, 신소재 개발, 고연비 신형 엔진 개발 등 항공기 제조기술의 발달과 부품개발의 잇따른 성공도 신형 항공기 수요를 견인



[표 2-12] 세계 항공산업 시장 전망

- 전 세계적으로 신규 항공기 개발사업 시 항공기 가격 경쟁력 향상을 목적으로 Bulkhead 등 대형 구조용 부품에 대한 단조 제작이 많이 이루어지고 있음.
- Bulkhead 등과 같은 대형 부품 시 요구되는 프레스 용량은 35,000ton 이상이므로 현재 군용 항공기용 대형 부품인 Bulkhead류의 단조 개발이 가능한 업체는 전 세계적으로 5개 내외임.
- 이중 미국의 알코아사, 러시아의 VSMPO사, 프랑스의 Aubert & Duval사, 독일의 Fuchs사 등이 실제로 항공기 개발에 참여하고 있는 것으로 알려져 있음.
- 국내에서는 고부가가치 부품인 랜딩기어 개발에 주력
- 항공부품 중 랜딩기어는 이착륙 시 항공기 무게를 지지하는 구조물로서 항공기 전체 단가의 약 5%를 차지하는 고부가가치 핵심품목 중 하나로 국내에서는 독자 설계능력과 인증시설 장비 등이 부족하여 대부분의 물량을 선진업체로부터 도입하고 있는 실정

마. 항공 단조품 시장

1) 세계시장

- 세계항공 단조품 시장은 연평균 8.3%로 성장하여 2021년 140억달러에 이를 것으로 전망



자료 : Big Blue Banyan, 2017

[표 2-13] 세계 항공 단조품 시장

2) 국내시장

- 국내 항공 단조품 시장은 연평균 6.3%로 성장하여 2021년 2.8억달러에 이를 것으로 전망



자료 : Big Blue Banyan, 2017

[표 2-14] 한국 항공 단조품 시장

3) 미국시장

- 미국항공 단조품 시장은 연평균 8.9%로 성장하여 2021년 82억달러에 이를 것으로 전망



자료 : Big Blue Banyan, 2017

[표 2-15] 미국 항공 단조품 시장

4) 유럽시장

- 유럽 항공 단조품 시장은 연평균 8.3%로 성장하여 2021년 30억 달러에 이를 것으로 전망

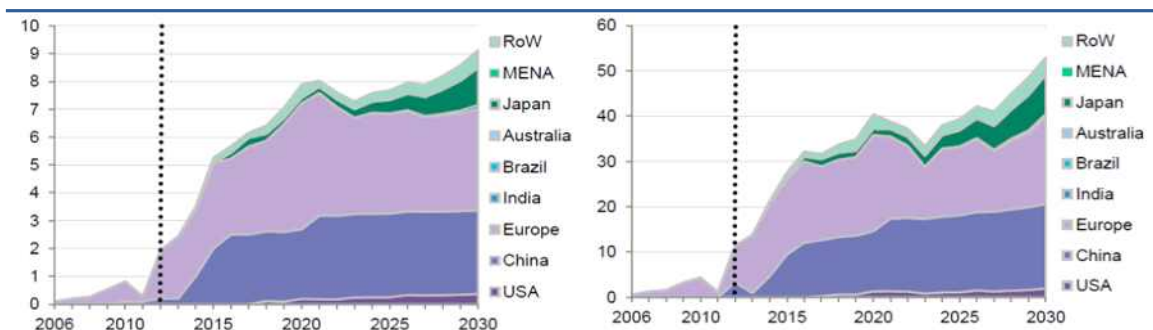


자료 : Big Blue Banyan, 2017

[표 2-16] 유럽 항공 단조품 시장

사. 풍력발전시장 전망

- 풍력발전은 자원이 풍부하고 끊임없이 재생되며, 광범위한 지역에 설치가 가능하다는 장점이 있고 운전 중 온실가스 배출이 거의 없다는 점에서 석유, 석탄 등 화석에너지의 대체 에너지원으로 각광받고 있음.
- 최근 전 세계 풍력발전기 설치도 급격히 증가하고 있음 .
- 2008년과 2009년의 경제위기에도 불구하고 중국과 미국, 유럽은 풍력발전기 설치를 주도했다. 일본 또한 후쿠시마 원자력 발전소 사고 이후 재생에너지 발전시장 확대에 적극 나서고 있음.
- 2030년까지 해상풍력시장은 129GW, 6,530억 달러 시장이 형성될 전망이며, 이중 유럽 및 중국이 84%를 차지할 것으로 예상
- 2030년까지 129GW의 해상풍력 수요 중 유럽 및 중국이 해상풍력시장의 수요의 50% 이상을 차지할 것으로 보임.

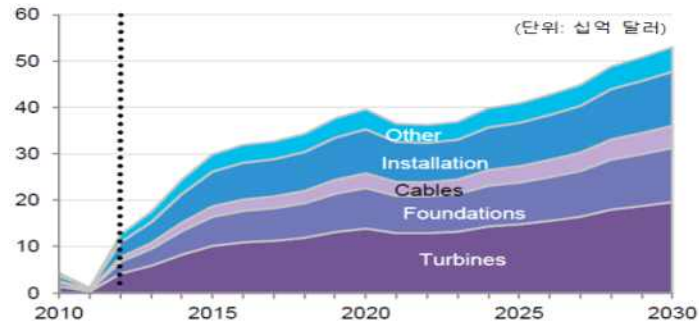


자료 : New Energy Finance

[표 2-17] 지역별 해상풍력 시장

- 2030년 해상풍력 부품시장은 530억 달러 시장을 형성할 전망
- 해상풍력 단지 개발비용은 터빈 35%, 해상구조물 26%, 설치비용 18%, 전력망 연결비용 6%

를 차지하며, 해상풍력 단지 비용절감은 설치비용의 감축이 가장 큰 부분을 차지할 것으로 예상됨.



자료 : New Energy Finance

[표 2-18] 주요 부품별 시장규모

아. 알루미늄 소재부품 시장

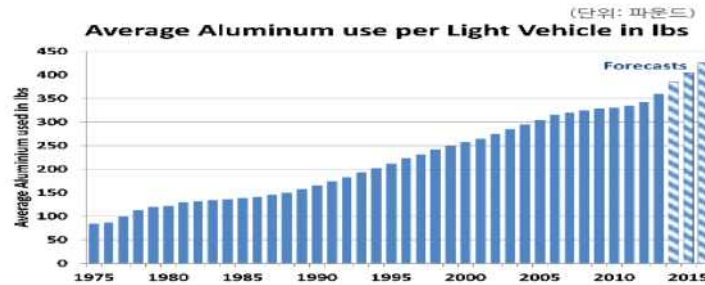
- 철강을 대체할 초경량 소재가 미래자동차, 항공기, 로봇 등 신산업의 핵심 경쟁력으로 부상하고 있음.
- 강철보다 가볍지만 더 강한 타이타늄, 마그네슘, 알루미늄, 탄소섬유 소재시장이 급팽창하고 있음.
- 세계 경량 소재 시장은 2015년 175조원에서 2023년 475조원 규모로 성장할 것으로 예상됨.



자료 : 산업기술평가원

[표 2-19] 세계 경량소재 시장

- 초경량 소재 개발에 힘입어 자동차를 포함한 알루미늄 시장 규모는 지속적인 성장이 예상됨.



자료 : Ducker Worldwide & The Aluminum Association

[표 2-20] 자동차 1대당 평균 알루미늄 사용률 변화

- 주요 알루미늄 제조업체인 Alcoa사에 따르면, 현재 전 세계 알루미늄 연간 사용량은 2015년 기준 약 1,150만 톤에서 2025년 2,480만 톤으로 증가할 것으로 예상
- 미국 내 주요 시장조사기관 중 하나인 Ducker Worldwide사는 2025년까지 자동차 내 알루미늄 소재 사용 비율이 현재의 2배 이상 증가할 것으로 전망

자. 4차산업과 로봇분야의 단조산업

1) 4차 산업혁명 그리고 로봇

- 4차 산업혁명은 인공지능에 의해 자동화와 연결성이 극대화되는 단계로서 오늘날 우리 주변에 표출되기 시작
- 2016년 다보스포럼을 맞아 스위스글로벌금융그룹(UBS)에서 4차 산업혁명과 관련된 백서로 ‘자동차와 연결성의 극단 : 4차 산업혁명의 국제적, 지역적, 투자적 함의 (Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution)’로써 4차 산업혁명의 의의와 영향에 대해 설명
- 4차 산업혁명은 인간과 기계의 잠재력을 극대화시키는 제반 기술혁신이 발전의 속도, 범위, 전체 경제/사회 시스템에 미치는 영향
- 인터넷 플랫폼을 기반으로 모든 사물, 공간, 산업, 사람을 지능적으로 연결하고 융합하여 인류의 사회, 경제, 생활방식의 변화시키는 개념으로 점차 확대
- 4차 산업혁명의 주역은 초지능, 초연결, 대융합의 산업생태계를 구성하는 스마트 비즈니스
- 하드웨어, 소프트웨어의 가치사슬은 자율주행차, O2O(Online to Offline), AI(인공지능) 로봇, 사물인터넷(IoT)이 대표적



자료 : 4차산업혁명을 이끌어 갈 국방특허 기술 (국방과학연구소, 2017년)

[표 2-21] 세계의 국방 특허기술

2) 지능정보화사회, 산업 지형의 변화 전망

- 혁신적 기술의 확장성(Scalability)과 경제성
- 4차 혁명의 주요 기술들, 특히 ICT/컴퓨터 관련 기술들은 용이하게 확장이 가능하여, 오픈 이노베이션을 통해 적용 및 확산이 빠르게 진행
- 클라우드로 인해 소프트웨어의 확장성이 가능해지고 소프트웨어 개발 플랫폼도 확대되고 있으며, 인공지능 및 로봇을 비롯한 IoT도 클라우드 상의 소프트웨어 플랫폼화 진행

3) 로봇 산업 현황

- 로봇 산업의 중심 ‘중국’ 과 ‘일본’
- 2013년 세계 제1의 제조용 로봇 판매국, 세계 5위의 제조용 로봇 활용국 (유럽>일본>북미>한국 순)으로 부상하면서 세계 로봇시장에 중국의 위력을 보여주었고, 일본은 新로봇 전략과 1,000억 엔 규모의 로봇 프로젝트를 추진하면서 로봇 왕국의 지위를 공고히 하겠다는 의지를 피력
- 최근 중국에서는 로봇이 서빙을 하는 식당이 영업 중이며, 일본 테마파크 하우스 텐보스는 오는 7월 로봇이 손님을 맞이하고 짐 운반이나 청소 등의 업무도 처리하는 스마트 호텔을 개관한다고 발표
- 타산업·업종에서의 로봇 활용 사례는 점차 증가하는 추세에 있으며, 앞으로의 활용 잠재력의 증가
- 우리나라도 제2차 지능형 로봇 기본계획(2014~2018)을 통해 연구개발 체질 개선 및 로봇 분야 新수요·新시장 창출을 위한 향후 4년간의 로봇 분야 정책방향을 제시
- 특히 고용 측면에서의 기여도는 로봇 관련 생산업체의 인력 변화보다 높을 것으로 추정됨.
- 제조업 현장에서의 로봇 투입을 통해서 생산성 향상은 물론 단순 반복 공정의 노동대체 등 작업환경 개선, 유해한 작업공정으로부터의 해방 등 고용환경의 질적 개선을

고려할 때 노동시장에 미치는 파급효과가 높음.

- 주요국의 종사자 1만 명당 로봇 운영 대수를 비교해 보면, 우리나라는 일본의 306대 다음으로 많은 287대의 로봇을 운영하고 있어 밀도가 매우 높음.

<주요국의 종업원(종사자) 1만명당 로봇 운영 대수>

[단위 : 대]

구분	2006	2007	2008	2009	2010
북미 (미국 포함)	70	75	81	88	93
일본	338	340	344	342	306
대한민국	193	204	221	234	287
대만	82	91	104	110	123
중국	5	7	9	11	15
독일	228	234	236	240	253
이탈리아	139	144	148	153	161
스웨덴	118	124	132	147	153
덴마크	81	91	101	117	139
전체 평균	45	46	49	50	51

출처 : IFR(2011), World Robotics 2011 Industrial Robots

[표 2-22] 주요국가의 로봇 운영수

- 세계 각국에서는 로봇 활용을 중심으로 하는 경제·산업정책을 추진
- 다양한 산업과 로봇기술의 융합이 인간의 삶의 질을 높여줄 창조·혁신제품을 만들고 제조업의 생산성 향상으로 산업의 경쟁력을 획기적으로 높여준은 물론, 이에 따라 고용이 크게 늘어날 것으로 기대하기 때문에 세계 각국에서는 로봇관련 정책을 추진

<세계 주요국의 로봇산업 정책>

국 가	주 요 정 책
미국	<ul style="list-style-type: none"> - 오바마 대통령 미국 '제조업 부흥'에 로봇을 적극 활용하는 '첨단제조 파트너십'(AMP, Advanced Manufacturing Partnership) 발표 - 로봇(CO-robot)-혁신적 제조공정-첨단소재에 중점을 두고 첨단제조기술 R&D에 22억불 투자 (2013)
일본	<ul style="list-style-type: none"> - 아베 총리의 신산업혁명 연설(2014.05 OECD 각료이사회) 등 성장전략의 핵심 정책으로 로봇 혁명 추진 발표 - '로봇혁명실현회의'를 출범(2014.09)하고 2020 도쿄올림픽에 맞춰 로봇올림픽(가칭) 개최 추진
EU	<ul style="list-style-type: none"> - 전 로봇분야에 걸쳐 산학연관이 모두 참여하는 세계 최대 규모의 로봇 프로그램(SPARC)에 21.07억 유로 투자 발표 - 제조, 농업, 헬스, 교통, 사회안전 등 타산업과 융합을 통해 세계로봇시장에서 EU의 시장선점 강화 정책 추진(24만명 일자리 창출) - (독일) 중소기업 활성화를 위한 인간-로봇 공동작업체계(SME Robotics Work System)개발 등 '하이테크 전략 Industry 4.0 추진 - (프랑스) 중소기업 경쟁력 강화를 위한 로봇설비화 프로그램 (Robot start PME)으로 중소기업의 로봇설비 투자의 10%까지 3,300만 유로 지원 계획(목표 750개 기업) - (네덜란드) 독일의 Industry 4.0에 대응하여 경제부, 경제인연합(FME), 상공회의소, 응용과학연구소(TNO)가 공동으로 2014.4월 Smart Industry 발표
중국	<ul style="list-style-type: none"> - 시진핑 주석은 세계 1위 로봇 강국으로의 도약 목표를 발표(2014.6)하였으며, 다국적 기업들은 거대한 시장인 중국 공략 가속화 - 공업정보화부, 2020년까지 세계 로봇 시장 점유율 45% 달성을 위해 로봇집중육성계획 발표 (2014.11)

출처: 지능형 로봇의 국내외 산업 동향, 2015

[표 2-23] 세계의 로봇산업 정책



자료 : PWC, 신한금융투자 / 국제로봇연맹, 신한금융투자

[표 2-24] 세계 로봇시장 용도별 추이 및 전망 / 세계 산업용 로봇 시장 추이 및 전망

4) 한국의 로봇 산업

- 한국의 최근 기술혁신을 통해 해외로의 수출도 점차 늘어나고 있음.
- 국내 로봇산업은 발전 초기단계에는 단순노동을 대체하기 위한 설비자동화 기계를 주로 생산
- 전자 및 자동차 산업에서 생산성을 향상하기 위한 로봇의 수요가 늘어났고 국내 로봇 산업은 기술혁신을 통해 이들 산업부문의 로봇 제품 수입을 대체
- 최근 IT기술과 결합하면서 우리나라 로봇 산업은 신성장시장으로 수출을 확대하고 있고 적극적인 R&D 투자를 통해 경쟁력 있는 미래 산업으로 성장할 것으로 기대
- 우리나라 로봇 산업의 주요한 성장은 생산성 향상을 위한 산업적인 수요 증가와 함께 정부의 적극적인 R&D 투자에 기인
- 국내 로봇 산업 발전의 애로요인
- 중소기업 중심의 업계 구성으로 인한 글로벌 대기업과의 경쟁 한계
- 로봇 수요와 공급의 연계 부족
- 서비스용 로봇 성장에 대한 대응 미흡

5) 로봇 산업 트렌트

- 세계적으로 제조업의 중요도가 높아지고 있으며, 숙련된 노동인력 부족으로 인하여, 지능형 산업용 로봇에 대한 수요가 증가
- 전 세계적으로 노령화에 따른 노동인력이 감소되면서 로봇에 의한 노동인력 대체와 생산성 향상이 절실히 요구됨.

제 3 장 압출가공 개론

1. 열간 압출가공

길이가 긴 가열된 소재 빌레트를 강도가 충분한 두꺼운 용기(Container)에 넣고 램(Ram)으로 누르면 소재는 다이(Die)로부터 압출되어 제품의 봉재가 나오게 된다. 램과 소재 사이에는 가압판(Pressure Pad)을 두어 램 손상을 방지한다. 또한 가압판과 콘테이너 사이에 수mm의 틈을 두어 소재 표면에 붙은 스케일을 콘테이너 내면에 넣고 제품에 옮겨가지 않도록 할 때도 있다. 소재에 접하는 다이면은 평평하고 중앙에 이와 직각으로 유출공이 있고, 그 입구 모서리는 0.4-1mm정도 반경으로 둥글게 한다. 이 평면다이의 유출공에는 길이 10mm 이하의 평행부를 두며 이를 랜드(Land)라 한다.

2. 압출의 종류

압출에는 직접, 간접, 정수압, 충격의 4가지 기본유형이 있다.

가. 직접압출(Direct Extrusion), 전방압출(Forward Extrusion)

- 빌렛은 용기의 벽면에 대하여 상대운동을 하므로 벽면과의 마찰로 인해 램 하중이 매우 크다. 치약을 짜내는 것과 같은 원리이다.

나. 간접압출(Indirect Extrusion), 후방압출(Backward Extrusion)

- 다이가 빌렛 쪽으로 움직이므로 빌렛과 용기의 벽면에서의 마찰이 없다.

다. 정수압압출(Hydrostatic Extrusion)

- 챔버를 유체로 채우고 이를 통하여 빌렛에 압력을 전달하여 다이를 통과시켜 압출되도록 한다. 용기 벽면에서 마찰은 없다.

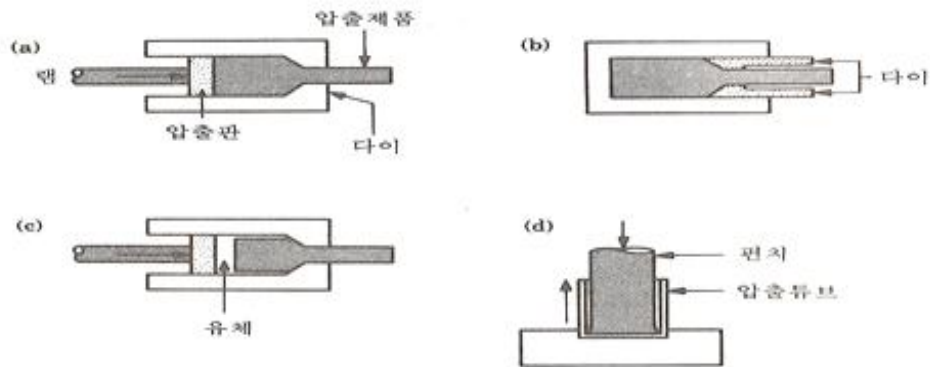
라. 충격압출(impact Extrusion)

- 간접압출의 일종으로 속이 빈 용기를 만드는데 적합하다. 압출은 상온이나 열간에서 이루어지며 압출공정은 용기를 사용하여 각 빌렛(소재)을 개별 압출하므로 준연속공정으로 중간재를 생산하며, 서로 다른 두 재료의 유동응력이 비슷하면 압출공정으로 이중 금속끼리 접합하여 동축 빌렛(구리봉에 은을 입힌 것)을 제조할 수 있다.

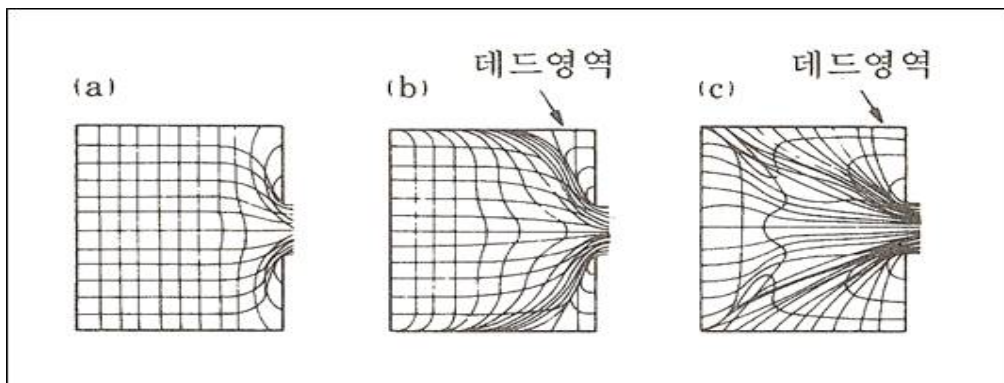
마. 압출유형 : 직접, 간접, 정수압, 충격

바. 직접압출 시 전형적인 유동양상 3가지

- (a) 빌렛, 용기, 다이 간에 마찰이 없는 경우 균일한 유동양상
- (b) 접촉면에서 마찰이 클 때 데드-메탈영역 발생
- (c) 전단을 심하게 받은 영역 뒷부분까지 확장



[그림 3-1] 압출유형



[그림 3-2] 압출 유동양상

3. 압출온도와 윤활

가. 고온으로 하면 실온에서 취성이 커 가공할 수 없는 주괴를 압출하여 단조 조직으로 할 수도 있고 성형되기도 한다. 향후 가공 중 재료의 저온과 다이의 고온을 유지하기 위하여 압출속도를 높여 작업할 필요가 있다.

나. 빌렛압출의 경우 온도와 압력

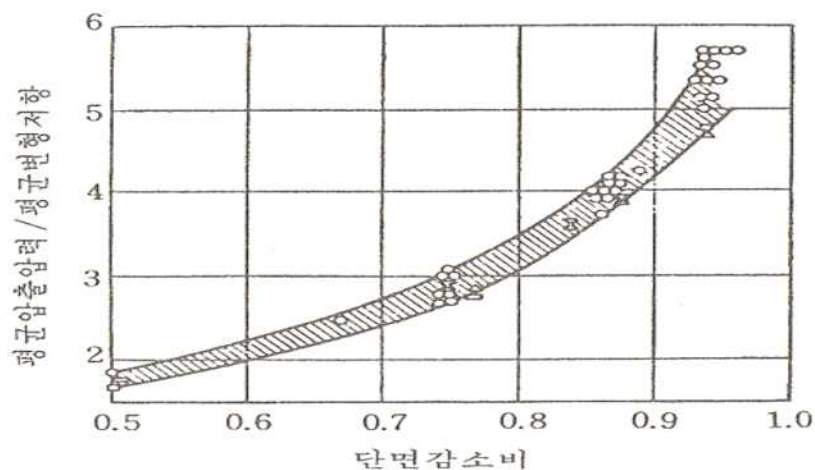
재질	압출온도(°C)	평균저항력 (kg/·mm)
탄소강	1,200-1,300	70-100
알루미늄 그 합금	370-180	40-85
강 및 황동	650-370	25
청동	870-1,100	65-90
연(鉛) 및 그 합금	210-260	55-10
석(錫) 및 그 합금	65-95	25-70
마그네슘 및 그 합금	370-430	50-85
아연	250-300	70

[표 3-1] 압출 유동양상

다. 윤활제

알루미늄, 동, 납, 아연 등 열간압출에서는 윤활제를 사용하지 않고도 압출이 되나 마그네슘 열간가공에는 코로이드상 흑연을 파라핀에 희석한 것을 사용한다. 강은 보통 윤활제로는 다이 마멸이 심하여 과거에는 압출이 어려웠으나 유리분말을 사용함으로써 생산이 가능하다.

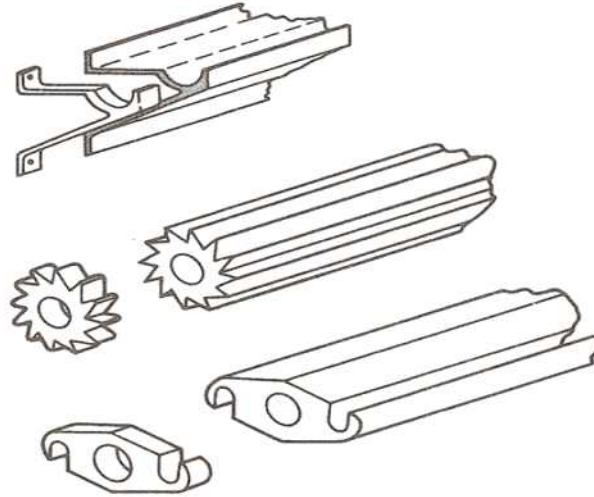
라. 압출가공해석



[그림 3-3] 단면감소비와 평균압출압력관계

전방압출의 경우 최초에 높고 점차 감소한다.(마찰력 감소로) 후방압출의 경우 마찰력은 영향이 없으므로 일정치를 유지한다. 그러나 모두 빌렛부의 두께가 10-25mm 정도 되면 급격하게 최초압력으로 상승한다. 이것은 변형채적에 대해 마찰표면적의 비율이 커지지 때문이다.

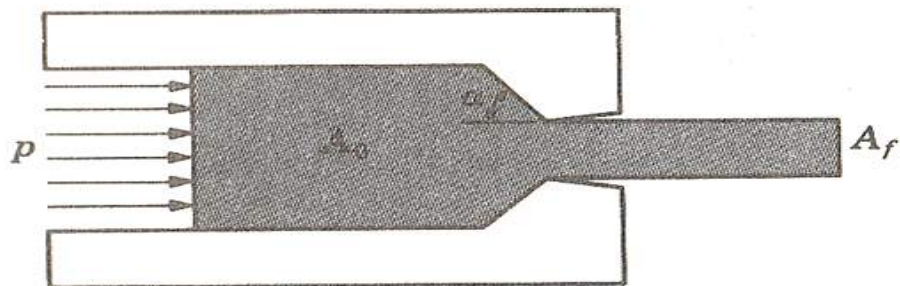
1) 압출제품을 절단하여 만든 개발제품의 예



[그림 3-4] 압출제품의 적용 예

2) 직접압출의 공정변수

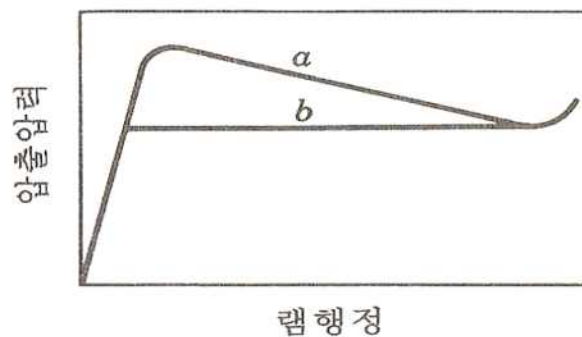
- A_0 는 압출 전 빌렛 단면적 / A_f 는 압출된 제품의 단면적



[그림 3-5] 직접압출 공정

3) 램의 행정에 따른 압출입력 곡선

- (a) 직접압출 곡선 (b) 간접압출 곡선



[그림 3-6] 램 행정에 따른 압출곡선

직접압출에서는 소재가 다이 쪽으로 밀려가면서 챔버와의 마찰저항으로 인해 압력이 높아진다.

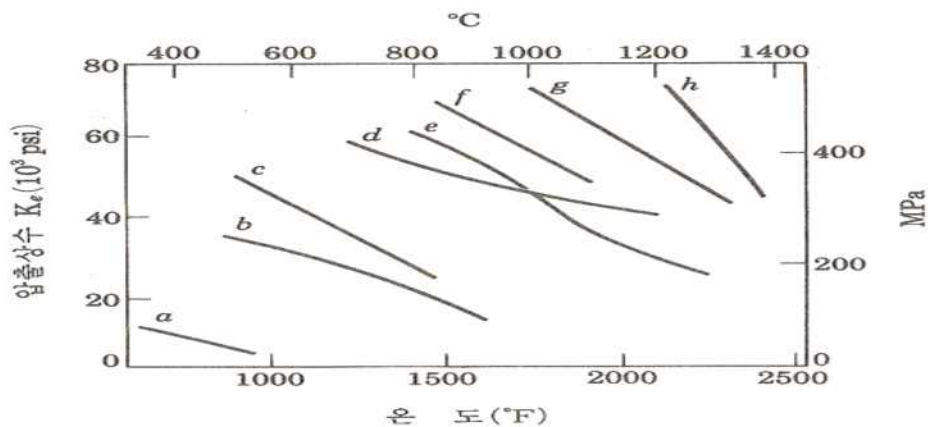
4) 열간압출에서의 압출력

램 속도와 온도가 압출압력에 미치는 영향과 램 속도가 증가함에 따라 특히 고온에서는 압력이 급격히 증가한다. 압출속도가 증가하면 단위시간당 가해지는 일도 커지는데, 일은 열로 바뀌므로 속도가 빠를 때는 열이 잘 소산되지 않는다. 이러한 온도증가로 소재 재료는 초기 용융을 일으켜서 결함을 야기한다. 적열취성에 의해 원주 방향으로 표면균열을 일으키기도 하며 이를 속도균열이라고 한다. 이러한 문제는 압출속도를 낮춤으로서 해결할 수 있다.

압출시의 하중을 계산하는 간단한 방법으로는 실험적으로 결정하는 압출상수를 사용하는 방법이 있다.

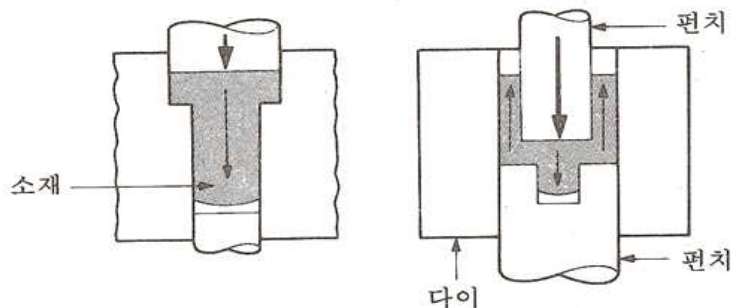
5) 각종 금속의 온도에 따른 압출상수(온도범위에 유의)

- (a) 1100알루미늄 (b) 구리 (c) 70-30 황동 (d) 베릴륨 (e) 냉간압연강
(f) 스테인레스강 (g) 몰리브덴 (h) 크롬



[그림 3-7] 재질별 압출상수

6) 냉간압출의 방식

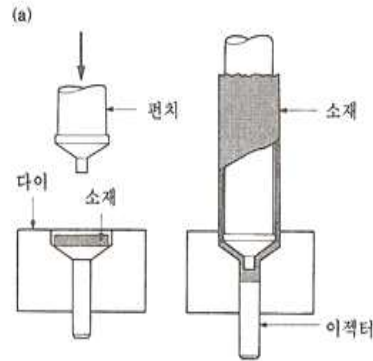


[그림 3-8] 냉간압출 예

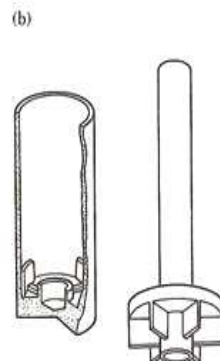
화살표는 재료의 유동을 나타내고 이 공정으로 제조되는 제품은 단조품이라고도 한다.

7) 충격압출

- 간접압출과 유사하여 보통은 냉간압출로 분류된다.



[그림 3-9] 튜브형 용기의 충격압출

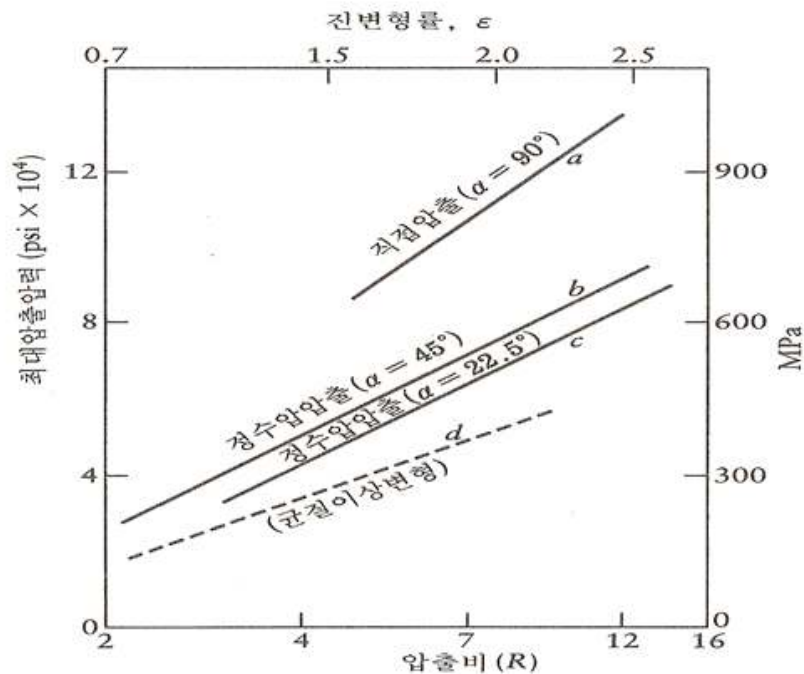


[그림 3-10] 충격압출로 제조된 제품

이러한 제품들은 치수, 재료, 원하는 성질에 따라서 주조, 단조, 기계가공 등으로도 제조되므로 공정 선택 시에는 경제적 측면이 중요한 고려사항이 된다.

8) 정수압압출

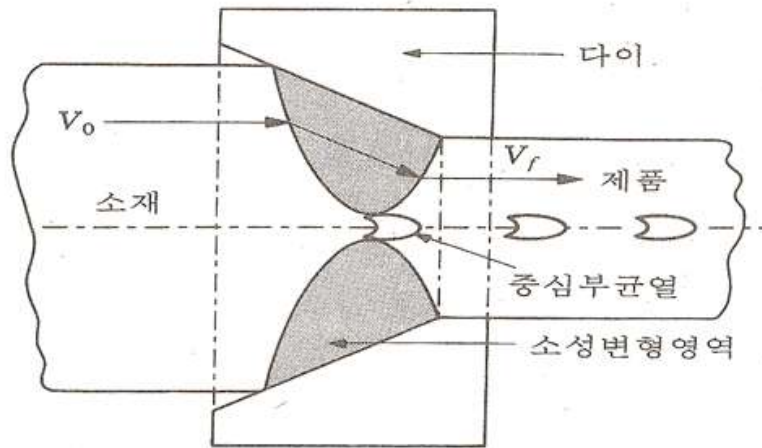
- 용기 내 고압으로 인해 유체가 다이면으로 빠져나와 마찰력을 감소시킨다.



[그림 3-11] 알루미늄합금의 압출에서 압출비의 함수로 나타낸 압출압력

9) 압출결합

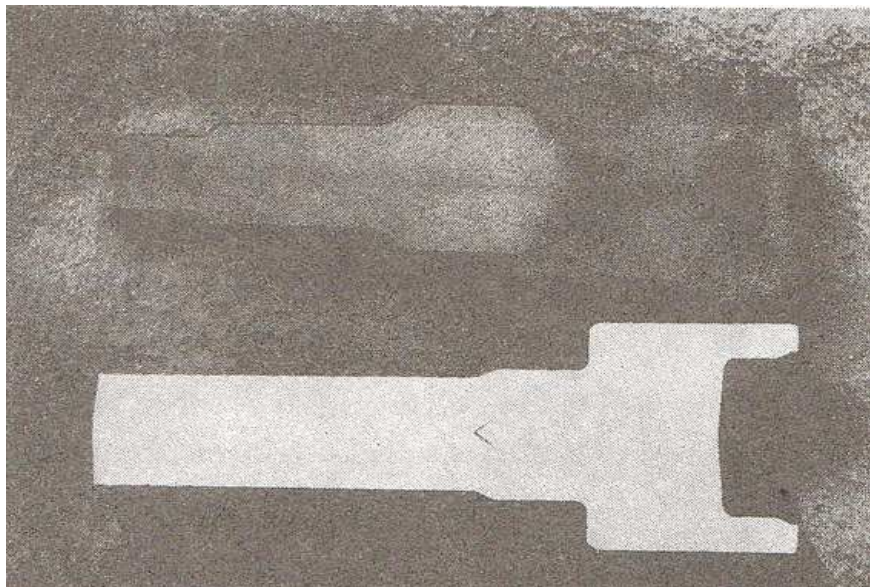
- 이런 현상은 원추형 다이나 켜기형 다이로 봉재나 판재 인발 시에도 발생



[그림 3-12] 압출공정 도중 발생하는 세브론균열 발생도

10) 압출 후 원형 강봉에 생긴 세브론 균열

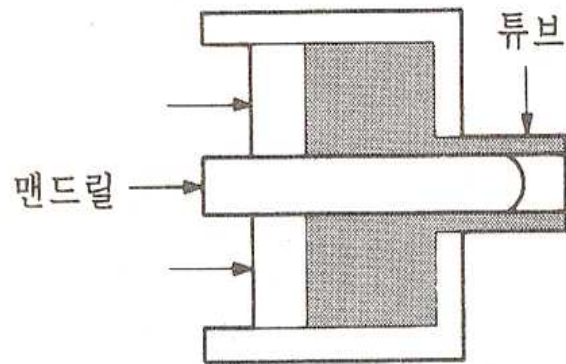
- 제품을 검사하지 않으면 내부결합을 발견할 수 없으며 파손, 파단의 원인이 된다.



[그림 3-13] 세브론 균열 발생 예

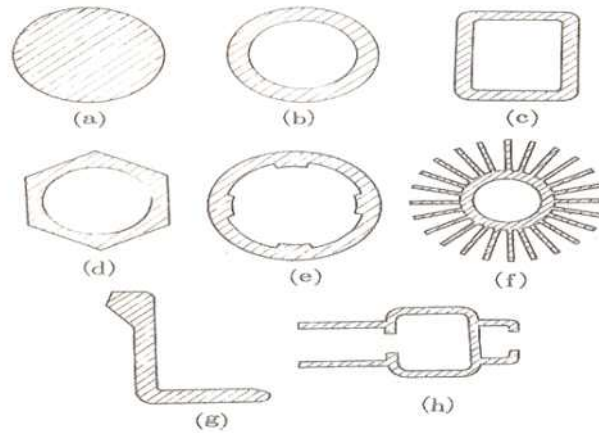
11) 이음매 없는 관의 압출

- 램에 맨드릴을 붙여서 관재를 압출하며 미리 구멍을 낸 소재는 맨드릴을 램에 붙여서 압출하고, 구멍이 없는 빌렛은 우선 용기 내에서 맨드릴로 미리 천공을 한다.



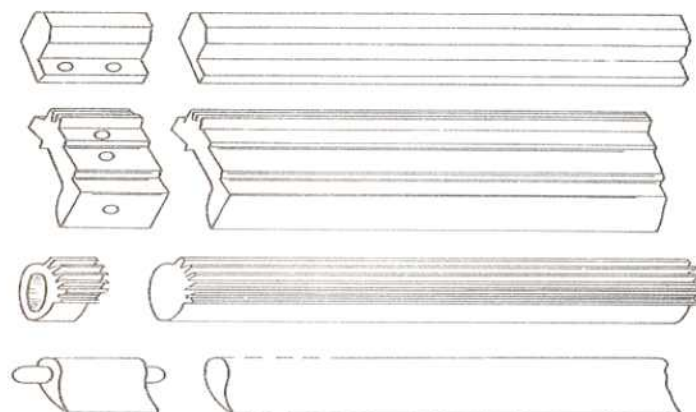
[그림 3-14] 이음매 없는 압출

12) 압출가공으로 얻는 압출재의 각종 횡단면



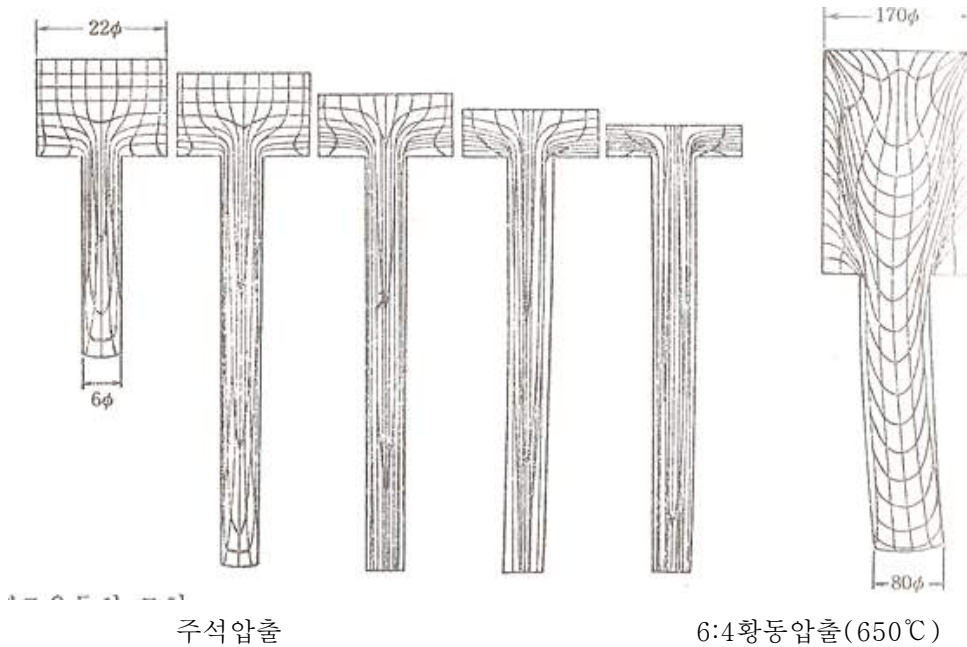
[그림 3-15] 다양한 압출재의 단면

13) 여러 형태의 압출재



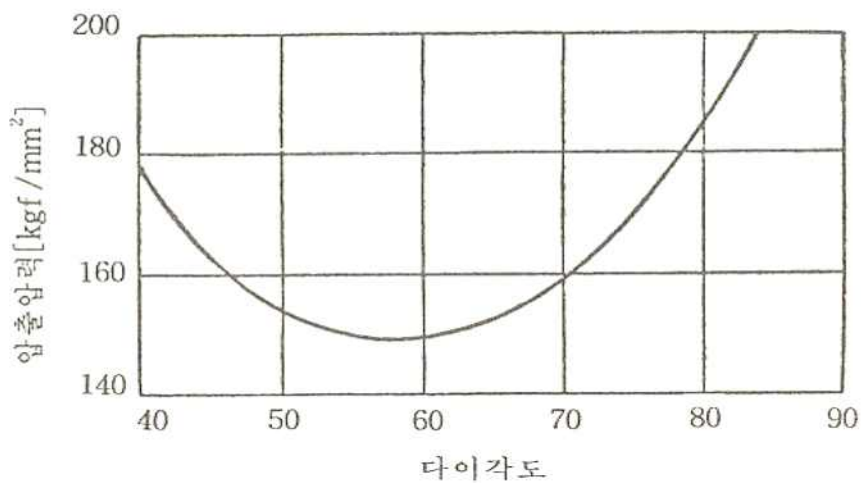
[그림 3-16] 압출재의 다양한 형태

14) 압출에 의한 재료 유동의 모양



[그림 3-17] 압출재의 소재의 살흐름

마. 다이각도와 압출력



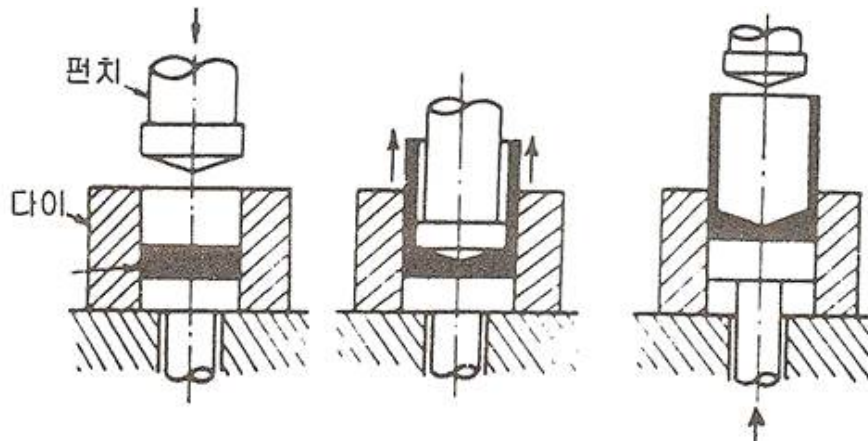
[그림 3-18] 다이각도와 압출압력의 관계

동일한 변형을 주는데 다이각도가 작으면 벽과의 접촉길이가 길어지기 때문에 마찰저항이 커지고, 다이각도가 크면 소재의 변형을 위한 저항이 커진다. 그 때문에 어떤 각도의 곳에 압출력이 최소인 곳이 있다. 압출속도를 과도하게 빨리하면 다이를 지날 때 열 발생이 커 체크라고 하는 횡방향 크랙(Crack)이 생긴다. 또 빌렛의 온도가 높아도 체크가 일어난다.

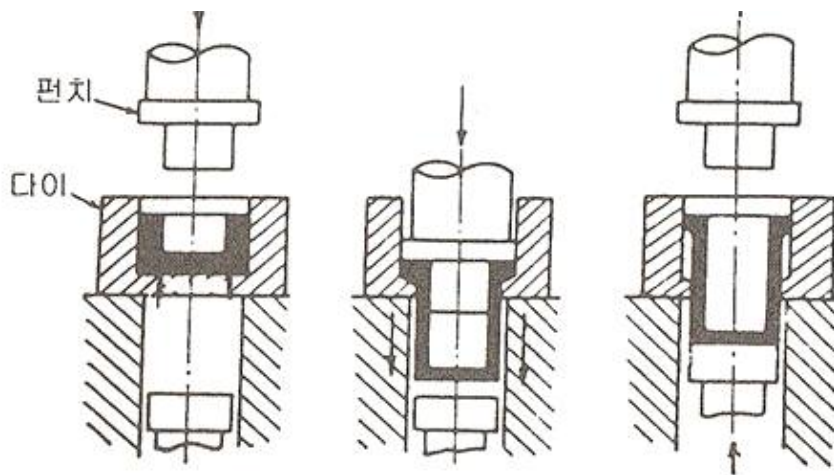
4. 냉간압출가공

가. 냉간압출

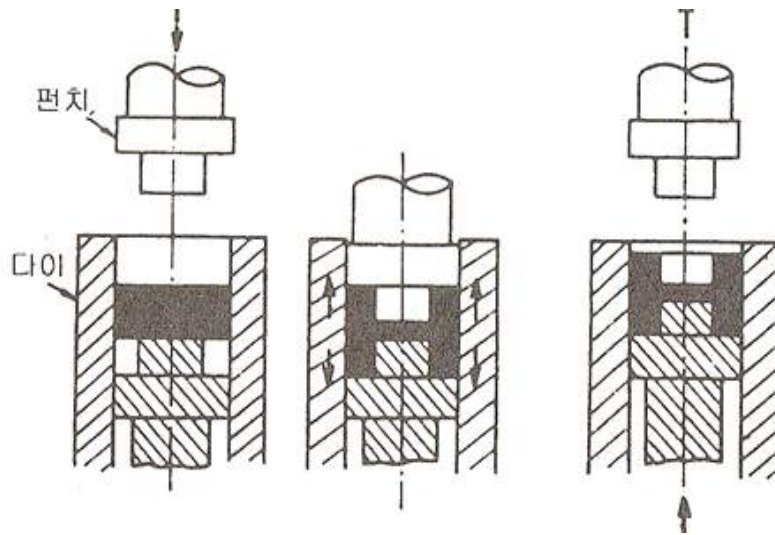
냉간압출(Cold Extrusion)은 직접·간접 압출과 단조 등의 공정이 조합된 것을 일컫는 용어이며 상온 또는 수백도 정도 온도에서 여러 가지 재료의 빌렛으로 다양한 형상을 압출한다.



[그림 3-19] 후방압출가공-1



[그림 3-20] 후방압출가공-2



[그림 3-21] 양방향압출가공

나. 냉간 압출 장점

- 1) 변형 및 마찰열로 인한 발생 열로 압출된 금속에 재결정을 일으키지 않는 한 가공 경화로 기계적 성질이 개선된다.
- 2) 가공오차 조절이 양호하여 후속되는 절삭, 마무리작업 감소
- 3) 윤활이 효과적이면 표면정도가 개선된다.
- 4) 산화막이 생기지 않는다.
- 5) 생산속도가 높고 비교적 가공비가 싸다.

다. 압출 주요결함 3가지

- 1) 표면결함(Surface Cracking)-압출온도, 속도 등이 너무 높으면 표면온도가 급격하게 증가하여 표면균열 및 터짐(전나무균열(Fir-tree Cracking) 또는 속도균열(Speed Cracking))을 일으킨다. 이때 균열은 결정립 간의 결정립계를 따라서 일어나며, 보통 적열취성(Hot Shortness)에 기인하며 알루미늄, 마그네슘, 아연합금 등에 생긴다. 소재온도와 압출속도를 낮추면 방지 가능하다.

2) 파이프 결함(Extrusion Defect)

금속유동 양상은 표면산화물이나 불순물을 소재의 중심으로 끌어들이기 쉬운 깔대기의 형상을 하고 있다. 이때 발생하는 결함을 파이프결함 또는 (Tailpipe, Fishtailing)이라 한다. 압출제품 전체길이 1/3에 달할 수 있어 해당부는 절단 폐기한다. 대책으로 마찰 조절, 온도구배 감소, 사전 기계가공, 사전불순물 제거 등으로 해결이 가능하다.

3) 내부균열(Internal Cracking)

압출제품 중심부 균열 중심부 터짐, 화살모양 균열 등으로 불린다. 다이 내의 변형영역에서 중심선을 따라 정수압으로 인한 인장응력 상태 때문에 발생 인장시 험편 네킹 영역과 유사하다.

5. 압출작업

가. 다양한 단면 형상 및 치수로 압출할 수 있으며 압출비는 보통 10:1에서 100:1 또는 그 이상이다. 램 속도는 0.5m/s까지 가능하며 알루미늄, 마그네슘, 구리 등에는 낮은 속도로 작업하며, 강, 티타늄, 내열합금에는 속도를 높게 한다. 열간 압출에는 유압 프레스가 사용되고 냉간 압출에는 수직형이 사용된다.

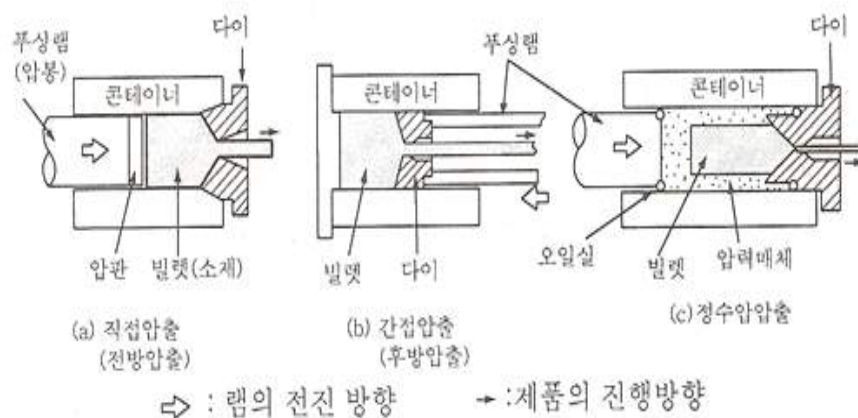
나. 열간 압출(Hot Extrusion)

재료의 변형률 속도 민감성, 용기 내 빌렛 냉각으로 불균질 변형, 압출 전 불활성기체 분위기에서 가열하지 않으면 표면 산화막 발생, 산화막 마찰 특성으로 유동 양상에 영향을 줄 수 있고 표면불량이 발생한다.

이런 문제점을 해소하기 위해서는 램의 앞면에 압출판을 붙이고 램의 지경을 용기지경 보다 약간 작게 한다. 열간 압출온도는 단조온도와 비슷하게 한다.

재료	가열온도	압출비	유출속도 (m/min)	압출압력 (kgf/mm ²)
연 및 그 합금	200-260	-	660	30-65
알루미늄 및 그 합금	370-550	-500	2.5-7.5	30-100
마그네슘 및 그 합금	350-440	-100	1.5-30	50-100
아연 및 그 합금	250-350	-200	2-23	-70
동 및 그 합금	650-910	10-40	6-300	30-65

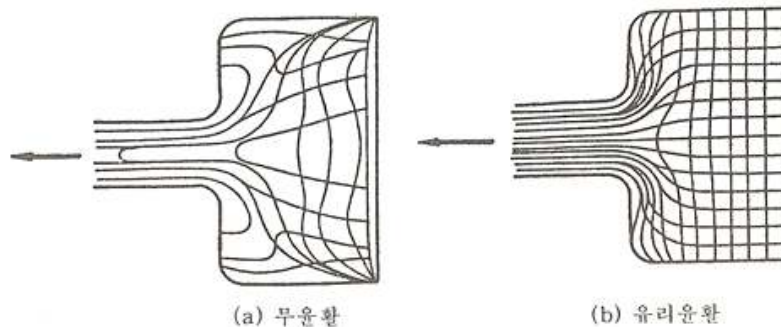
[표 3-2] 열간압출 조건



[그림 3-22] 압출방식

다. 윤활

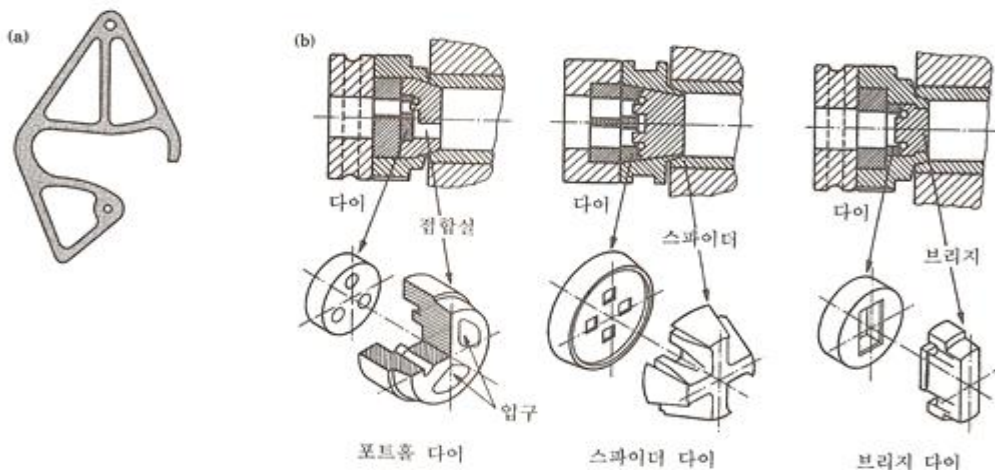
유리윤활제는 강, 스테인리스, 고온재료 압출에 우수하며 고온에서 점도를 잃지 않고 접착특성이 양호하여 빌렛과 용기 및 다이 사이에서 열차폐 작용을 한다. 흑연이나 이황화몰리브덴 같은 고체 윤활제를 사용하기도 한다. 비철금속은 윤활제를 사용하지 않거나 흑연을 사용하여 압출한다.



[그림 3-23] 강의 압출변형

라. 압출다이

다이 재료는 열간가공용 다이강이 많이 사용된다. 다이수명 연장을 위해 다이에 지르코니아를 코팅하는 경우도 있다. 알루미늄의 경우 다이각이 90° 인 것을 사용하기도 한다. 램에 맨드릴을 붙여 판재를 압출할 수도 있다. 속이 빈 제품도 특수다이를 이용하여 압출할 수 있다.

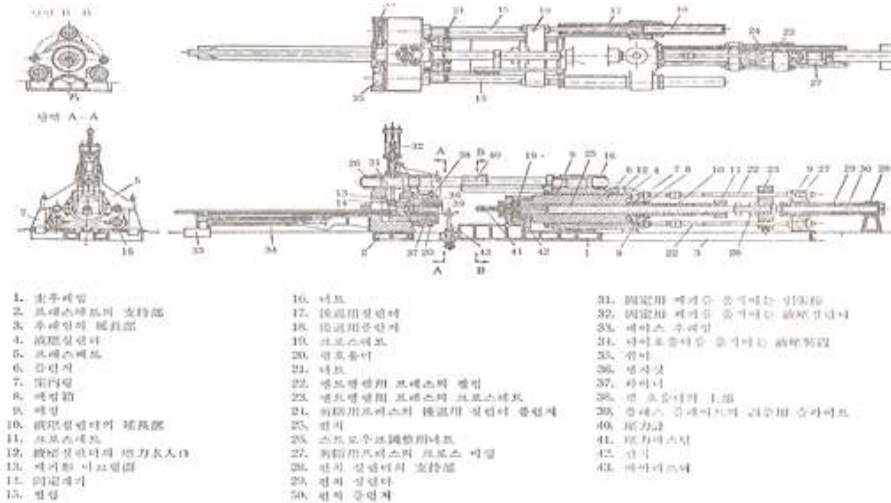


[그림 3-24] 압출다이의 종류

- (a) 특수다이로 단면에 5개의 구멍이 있는 제품 압출한 예
- (b) 복잡한 공동부 형상을 압출하는데 사용하는 각종 다이부품

마. 압출장비

압출에는 수평형 유압프레스가 주로 사용된다. 냉간 압출, 천공, 강판의 대량생산에는 크랭크형 기계식 프레스가 사용된다. 압출용 유압프레스 최대용량은 약 16,000톤 규모의 장비도 있으며, 제품이 대형화됨에 따라 장비도 대형화되는 추세이다.



[그림 3-25] 2500톤 수평식 복동형액압프레스식 압출기

6. 압출금형과 제품소개

가. 압출금형은 원하는 제품의 형상대로 금형을 만들 수 있어서 주로 경금속 즉, 성형성이 용이한 알루미늄재료를 주로 사용한다. 복잡하고 아름다운 형상의 제품을 제작할 수 있다.



[사진 3-1] 다양한 형상의 압출금형

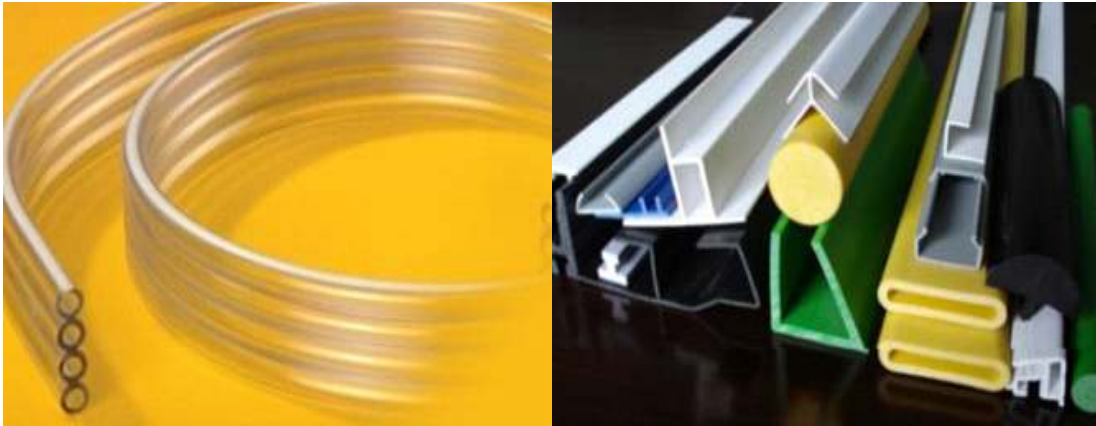


[사진 3-2] 원형 모양의 압출금형

나. 압출가공으로 다양한 형태의 제품으로 생산되는데, 파이프, 새시, 외장재, 창틀, 각종 PVC 등의 생산에 사용된다.



[사진 3-3] 다양한 모양의 압출제품

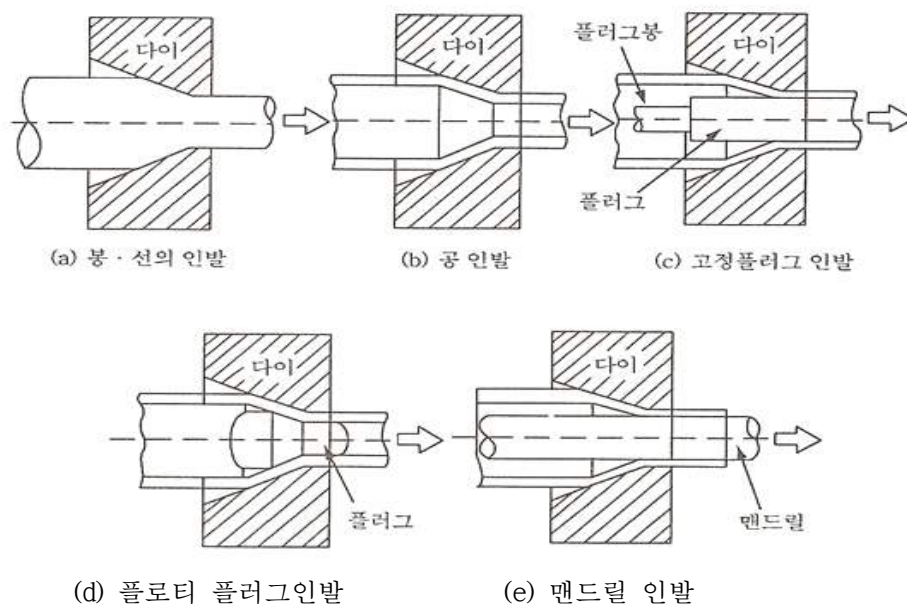


[사진 3-4] PVC 파이프 외 압출제품

제 4 장 인발가공 개론

1. 인발가공이란?

인발가공이란 가는 구멍을 가진 다이에 재료를 통과시켜 그 끝을 척으로 잡아당겨 다이공형과 동일한 단면의 봉을 선 및 관재로 가공하는 방법이다. 지름이 작은 중공계의 인발을 선인발이라고 한다. 주변에서 볼 수 있는 것으로는 전선, 동관, 철사, 피아노 선, 등과 같은 제품들은 인발가공을 통하여 생산된 제품이다. 인발가공은 제품 형상으로부터 파이프재와 중공재의 인발로 나누어진다.



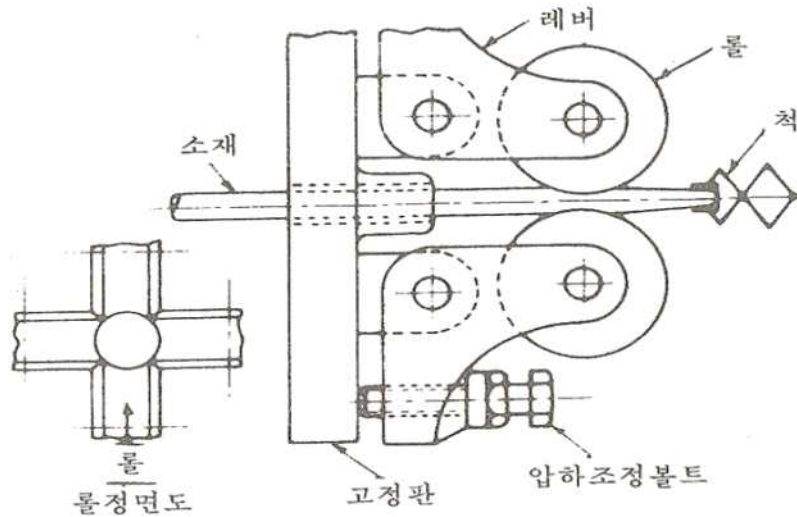
[그림 4-1] 인발가공종류

가. 인발가공 설명

- 1) (a)그림과 같이 봉과 선의 인발 단면 형상은 원형 이외에 각과 또 다른 형상을 성형한다.
- 2) (b)그림과 같이 관의 내부에 플러그를 사용하지 않는 인발방식을 공인발이라 부르며 외경 쪽을 축소한다.
- 3) (c)그림과 같이 플러그 인발이라 부르며 플러그를 외부에 고정하여 살 두께와 외경 양쪽을 감소시킨다.
- 4) (d)그림과 같이 플로팅 플러그 인발 중 플러그는 플러그봉 없어도 힘의 균형에 따라 다이 구멍 중에 안정되어 있다.

5) (e)그림과 같이 맨드릴 인발이라고 하며 플러그 대신 맨드릴을 사용한다.

나. 롤 다이에 의한 인발



[그림 4-2] 롤 다이 사용하는 방법

다. 인발가공 응용

- 1) 선, 관, 축의 가공 혹은 강관의 용접성형에 응용
- 2) 소재의 치수를 정확히 하여 경도, 강도를 높인다.
- 3) 압연, 압출 가공으로 단면이 적고 치수공차가 적은 것을 얻기 곤란한 때 응용

라. 기타 인발가공 종류로는

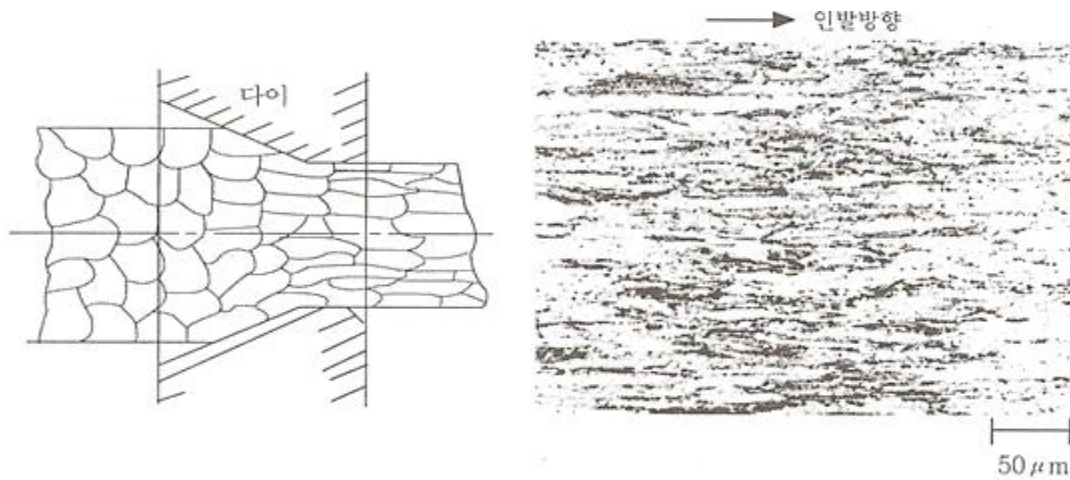
- 1) Deep Drawing
- 2) Punch or Plug의 압출가공법 등이 있다.

마. 용어설명

- 1) Pass : 재료를 다이에 통과시키는 것
- 2) Pass Schedule : 각 패스에 의한 다이 치수의 선택

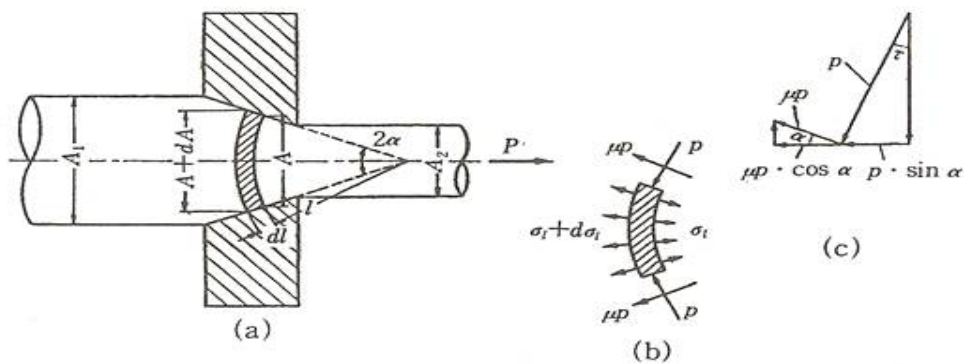
바. 인발작업 부적합 항목

선의 경, 외관, 비틀림, 화학적/기계적 성질, 선의 모양상태, 소재 도금상태, 식별표시 등 인발 후의 금속조직(터치동선)



[그림 4-3] 인발작업 시 부적합 항목

인발을 반복하면 재료의 인장강도와 강도는 서서히 향상된다. 상기 그림에서 결정은 인발방향으로 늘어나고 미세화된 연속의 섬유상 조직이 얻어진다.



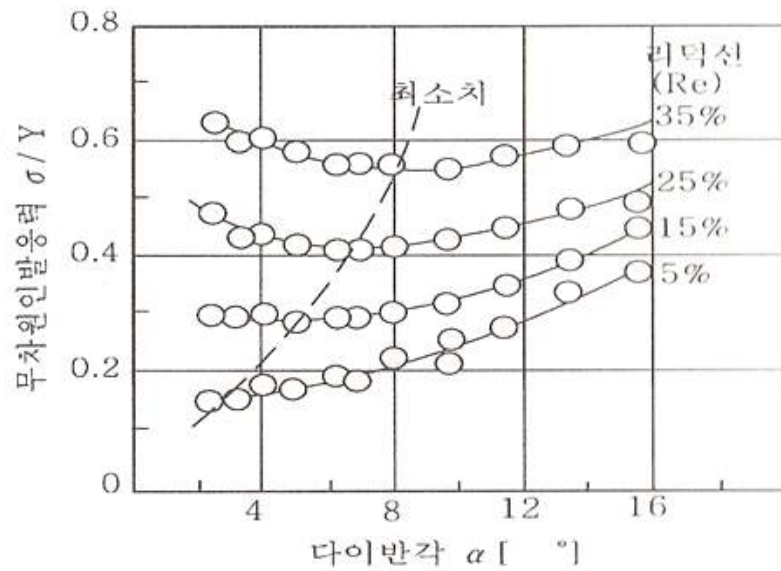
[그림 4-4] 인발력 계산시 참조 그림

다이출구의 인장력 P 를 구하는 방법은 다음의 산술식과 같다

$$P = A_2 k_m \left(1 + \frac{1}{\mu \cot \alpha} \right) \left\{ 1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^{\mu \cot \alpha} \right\}$$

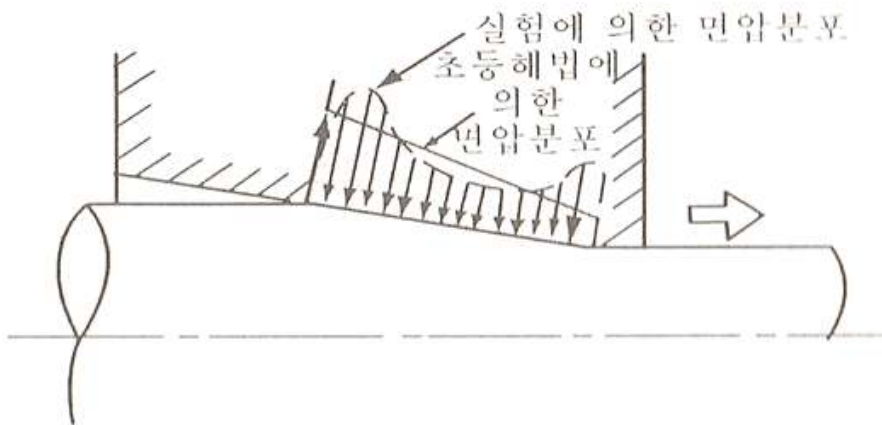
[그림 4-5] 다이출구 인장력 계산식

아. 인발력과 다이면압



[그림 4-6] 인발응력에 미치는 다이반각의 영향(Cu선)

자. 다이면압 분포 소개

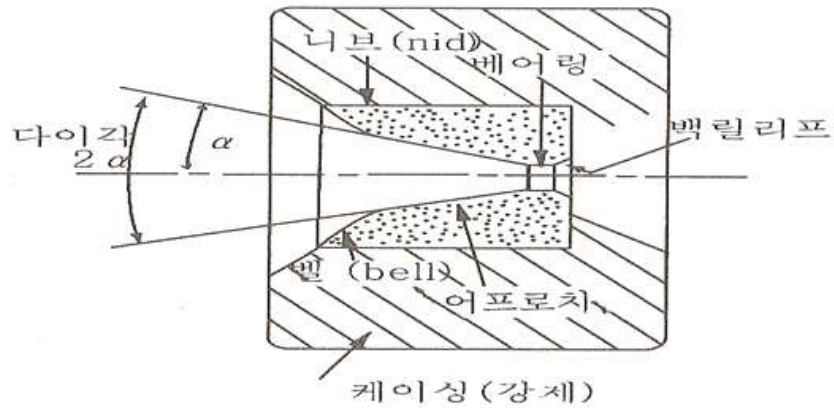


[그림 4-7] 다이면압의 분포

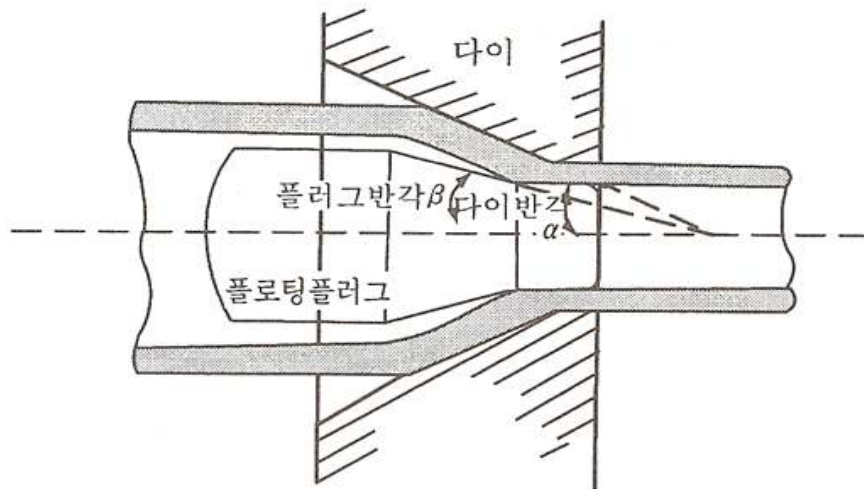
인발에 있어 다이면압 분포를 모식적으로 나타낸 그림 그림 중 실선과 점선은 각각 기초이론과 실험으로부터 나온 예이다.

차. 다이와 플러그

둥근 구멍의 초경 원추다이의 단면이며, 재질로는 초경합금, 다이아몬드, 다이스강이 사용된다.



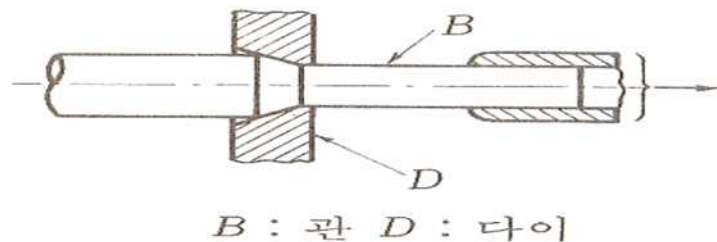
[그림 4-8] 초경 원주 다이



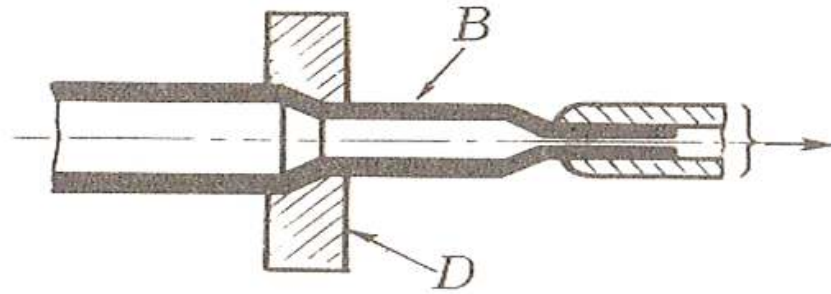
[그림 4-9] 플로팅 플러그 인발

관을 만드는 플러그 인발로 다이와 플러그를 나타낸 그림이며 플러그에 각도를 이루고 있기 때문에, 인발 방향의 힘이 균형을 이루고 인발 중 플러그는 관내에 안정되어 있다.

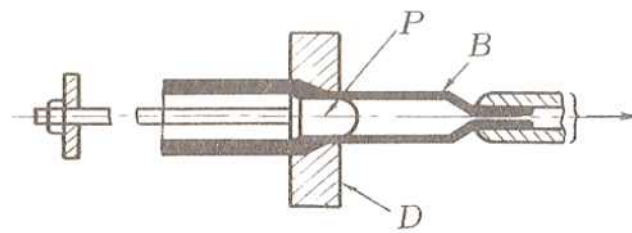
카. 인발형태



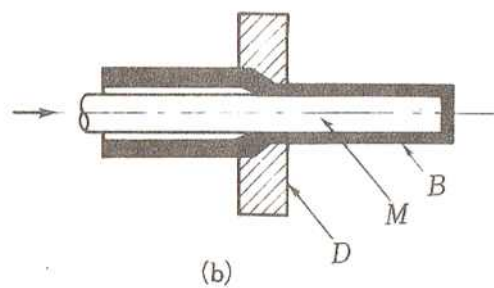
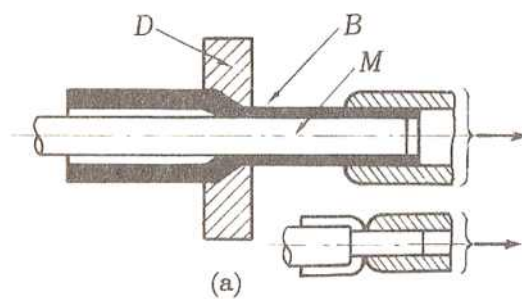
[그림 4-10] 봉 또는 선의 인발



[그림 4-11] 맨드릴을 사용하지 않은 관의 인발-1



B : 관 D : 다이 P : 플러그



[그림 4-12] 맨드릴을 사용하는 관의 인발-2

기호설명

B : 관

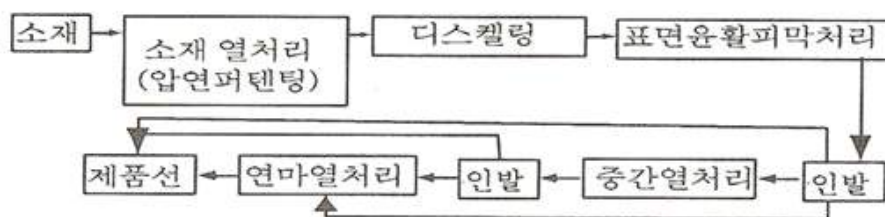
M : 맨드릴

D : 다이

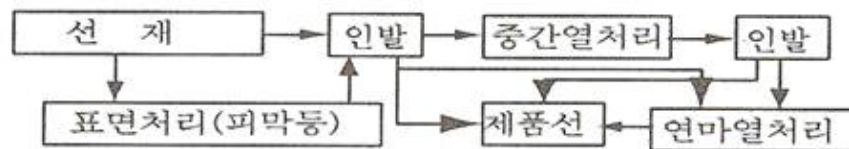
2. 인발작업과 기계

가. 인발작업

인발을 하기 위해 먼저 다이스에 재료의 끝부분을 가늘게 하여 입구에 맞추는 작업을 한다. 그 후 다이스에 통과한 재료를 척으로 잡아당겨 인발한다. 인발을 반복함으로써 제품이 되지만 필요에 따라 서는 중간열처리, 마무리열처리를 하는 경우도 있다. 하기 그림은 강선의 인발공정과 비철의 인발공정을 설명하는 내용이다.



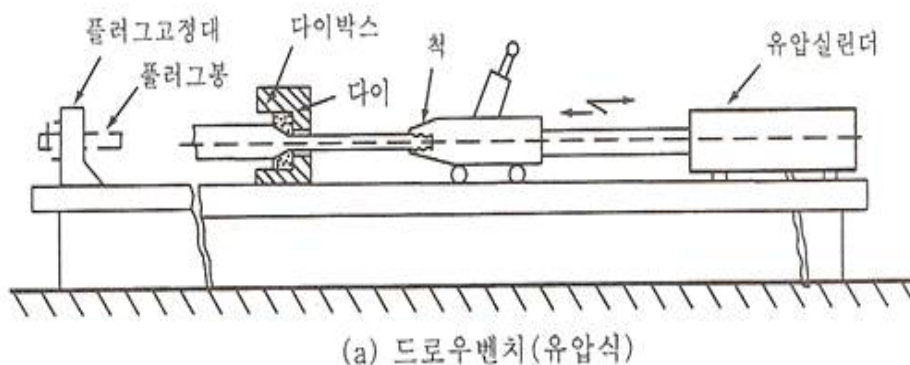
[그림 4-13] 강선의 경우 인발공정



[그림 4-14] 비철의 경우 인발공정

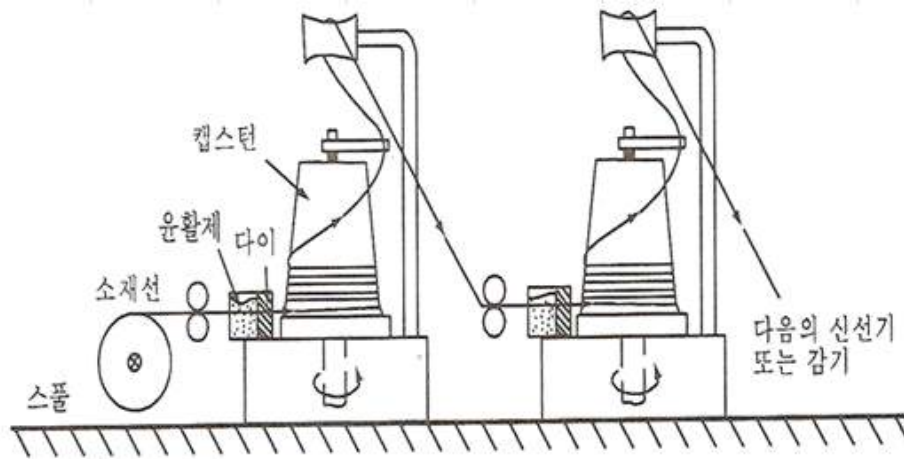
나. 인발기계의 종류

1) 드로우벤치



[그림 4-15] 드로우 벤치식 인발기계

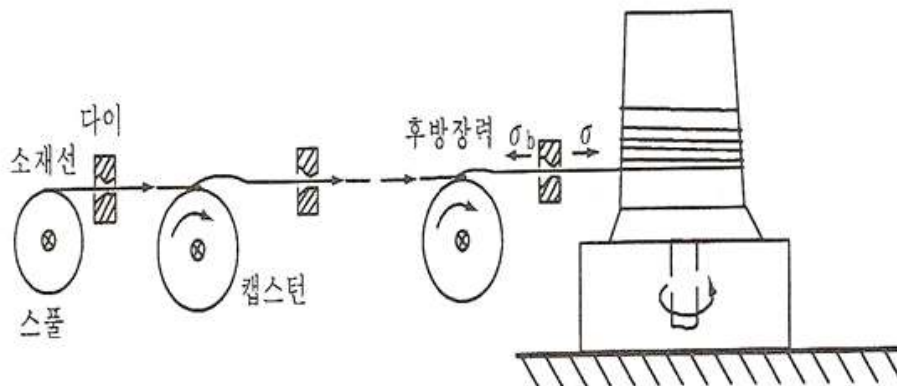
2) 논슬립형 연속신선기



[그림 4-16 논슬립형 연속신선기]

캡스톤과 선 사이에 슬립이 생기지 않는다. 선 지름이 다소 큰 선이나 강관 같이 변형저항이 높은 선에 적합한 인발 기계이다.

3) 슬립형 연속신선기



[그림 4-17 슬립형 연속 신선기]

캡스톤의 주속은 연속보다 수 % 빠르다. 동선 등에 적합하며 이 경우 후방장력 인발로 한다. 작업능률이 높고 인발최고 속도는 최고속도 수백-수천m/min에 달하고 있다 그밖에 캡스톤 1기의단두선 인발기와 길이가 긴 동관 인발에 자주 이용되는 불 블록 인발기가 있다.

4) 그 밖의 인발방법

인발응력의 저하 단면감소율 향상, 단단하고 파단 되기 쉬운 재료의 인발, 인발재의 성질향상 특수단면을 가진 재료의 제조 등을 고려한 인발방식이다. 이들은 작업공정의 단순화와 비용이 싸고 양질의 선 제조와 부가가치를 높일 수 있는 목적으로

사용되고 있다. 그 때문에 여러 가지 방법이 개발되고 있다. 그것들의 인발방법과 그 특징을 아래 표로 표기하였다.

명 칭	방식 . 방법	목적 . 특징
롤러다이스 인발	공구(다이스)가 2개의 공형롤러로 이루어진다	인발력의 저하, 1회의 단면감소율과 신선한계의 향상,공정생략
다크.헤드인발	공구가 4개의 롤러로 이루어진다	인발력의 저하, 환봉으로부터 사각, 이형봉,선의제조,공정생략
카세트 롤러다이스 인발	롤러다이스를 소형화,수종의 롤러를 중,형 교대로 연속인발을 행한다	인발력의 저하, 환봉으로부터 사각, 이형봉,선의제조,공정생략
강제윤활인발	강제적으로 다이스면과 재료표면의 사이에 윤활제를 공급한다.	다이스 수명의 향상
회전다이스 인발	인발가공중에 다이스를 회전시킨다	인발재의 진원도 향상
가열인발	전기등을 이용,재료를 가열하면서 인발	기계적성질의 향상
초음파인발	초음파를 다이스등에 주어 인발	인발력의 저하
빠른인발	선이아 관을 2가지 이상 묶어서 인발	특수형상의 선,관의 제조

[표 4-1] 특수인발의 종류와 방법

5) 역장력 인발

인발방향과 다소의 장력을 주면서 인발하는 방법을 역장력 인발이라 한다. 이 방법에서 어떤 재료에 있어서는 균일재료를 얻기 쉬운 것과 다이마찰이 작은 곳이 있다.

6) 인발성형작업 절차

(가) 작업지시 및 조건 설정

- (1) 작업지시서 내용에 따라 원부자재 및 금형을 사전 준비 및 확인하여야 한다.
- (2) 설비 및 치공구의 이상 유무를 확인하여야 한다.
- (3) 작업조건을 숙지하여 작업조건을 설정하고 설정된 작업조건을 확인하여 작업일지를 기록한다.
- (4) 안전 및 작업환경 확보를 위해 작업장을 정리, 정돈하여야 한다.

(나) 인발성형 작업

- (1) 작업지시서 품질내용에 따라 초도품 검사 후 작업하여야 한다.
- (2) 작업표준서에 따른 작업을 확인 및 조정을 하여야 한다.
- (3) 작업조건 확인과 공정검사로 인한 제품의 중요 품질특성을 확인, 관리하여야 한다.
- (4) 작업결과 및 특이사항을 작업일지에 기록하여야 한다.

(다) 부적합품 원인파악 및 조치

- (1) 초도품 및 공정검사 결과와 작업지시서 내용을 비교하여 합부를 판단한다.
- (2) 부적합 내용의 원인파악을 통하여 이상조치 요령에 따라 작업조건 재설정, 금형교환 등의 조치를 취하여야 한다
- (3) 부적합품은 별도 식별 표시하여 별도 장소에 보관하고 작업일지에 기록, 보고하여야 한다.

(라) 설비 및 금형상태 파악

- (1) 생산 전 설비점검표에 의한 설비를 점검, 확인하여야 한다.
- (2) 운전 중 설비점검 및 작업조건을 확인 제품상태에 따라 설비를 조정하고 기록, 관리한다.
- (3) 금형마모 상태 및 검사기록 확인하여 수리, 폐기 등의 조치를 한다.

(마) 작업환경 3정5행 준수

- (1) 3정 : 정량, 정품, 정위치,
- (2) 5행 : 정리, 정돈, 청소, 청결, 정습(생활화)

(바) 인발작업 시 사용 장비 및 공구

- (1) 신선기(인발기) (2) 인발다이스 (3) 포인팅기(인출기) (4) 측정용 공구 (5)표면조도 측정기 등

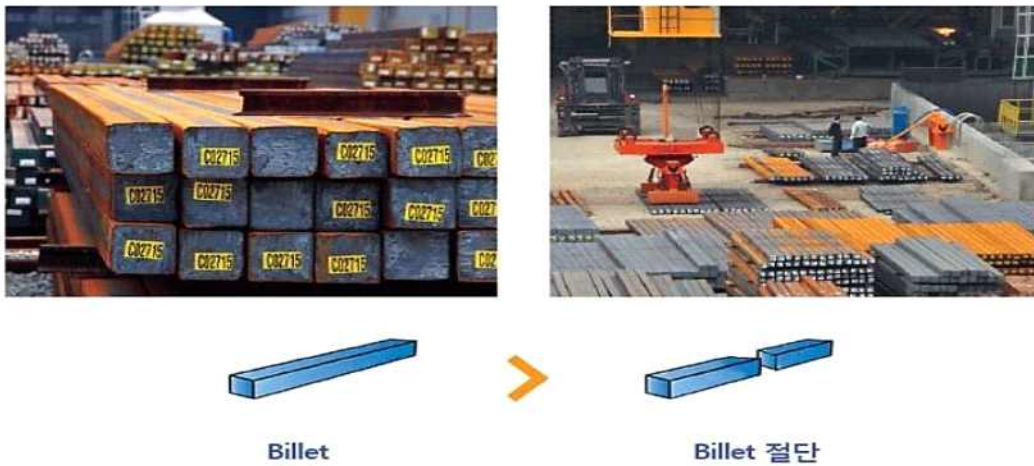
(사) 관련지식

- (1) 금속재료 일반 : 원재료(강종) 등 표기방법 관련지식
- (2) 단면감소율 등 기술적 계산방식 이해
- (3) 인발다이스 각부의 명칭 및 운전 요령 이해
- (4) 기계적 성질 기초지식(인장강도, 항복강도, 연신율 등)
- (5) 공차, 표면조도 정밀도에 대한 지식 이해
- (6) 원재료 전처리공정 이해 및 계측기 사용기술

3. 인발공정 소개

가. Billet 원자재 확보 : 국내의 원자재 제강사, 해외에서 구입한 빌렛 소재를 확보하여 일정한 크기로 절단한다.

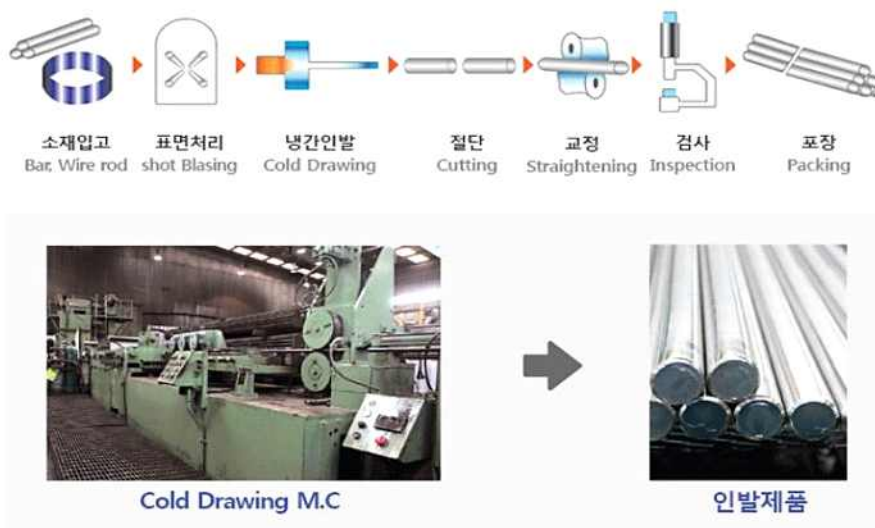
Billet원자재



[사진 4-1] Billet소재

나. 인발공정 : Billet 소재의 표면처리(쇼트공정) 후 인발M/C기를 사용하여 인발작업을 실시, 절단, 교정, 검사 공정을 거쳐서 출하한다.

· 인발공정



[사진 4-2] 인발공정 소개

참고 문헌

1. 제1장 소성가공

- 기계공작법 김영일 외 4인 (1998년, 원창출판사)
- 소성가공 서영섭 외 2인 (2003, 기전연구사)
- 공업재료 가공학 김낙수 외 2인 (2009, 반도출판사)
- 소성가공Ⅱ 김박윤 (1997, 대광서림)
- 프레스 금형설계 기술 조용식 (2007, 기전연구사)

2. 제2장 단조가공/생산관리

- 미래지향의 생산시스템 경영을 위한 생산관리 김성철 (1998년, 학문사)
- 생산시스템과 자동화 기술 강구봉 (2004, 대광서림)
- 산업안전 및 위험방지론 백정환 외 2인 (2014, 원창출판사)
- 산업안전 관리론 권호영 외 3인 (2016, 선학출판사)

3. 제3장 압출가공

- 소성가공 서영섭 외 2인 (2003년, 기전연구사)
- 기계공작법 김동항 (1998, 청문각)
- 기계공작법 김영일 외 4인 (1998, 원창출판사)
- 공업재료 가공학 김낙수 외3인 (1999, 반도출판사)

4. 제4장 인발가공

- 소성가공 서영섭 외 2인 (2003년, 기전연구사)
- 기계공작법 김동항 (1998, 청문각)
- 기계공작법 김영일 외 4인 (1998, 원창출판사)
- 공업재료 가공학 김낙수 외3인 (1999, 반도출판사)



소성가공 개론서 집필

- ☐ 박병수 부사장(삼웅에이에프티(주) 사업총괄, pbs4301@naver.com)
 - 기계기술사, 국제기술사, 기술평가사
 - '소성가공' NCS 및 활용패키지 개발·개선진
 - '소성가공 에너지 효율화 매뉴얼' 집필, '단조성형' 집필
- ☐ 검토·자문
 - 한국단조공업협동조합 박권태 전무이사

유 의 사 항

뿌리산업 개론서 내용을 대외적으로 활용 및 인용할 경우에는 반드시 원 출처를 명기하여 주시기 바랍니다. 관련 참고문헌 및 데이터 출처는 본문의 해당 자료에 명시하였습니다.

뿌리산업 인적자원개발위원회(금형·금속가공·표면처리·용접)
☎ 070-4269-9388 / osm@koreamold.com