

技術資料

# 왜 다이캐스팅 금형은 파손이 일어나는가

김인봉\*, 김봉완\*, 윤의박\*\*

## Why Die Casting Dies Fail

I. B. Kim\*\*, B. W. Kim\*, E. P. Yoon\*\*

### 1. 서론

다이캐스팅 금형은 응력으로 인하여 결함이 생긴다. 즉 응력이 금형재의 강도 보다 커 짐으로서 결함이 발생한다. 응력은 두 종류가 있는데 금형을 만드는 과정에서 생기는 것과 또 다른 하나는 주조작업 과정에서 발생한다. 대부분 자주 발생하는 결함은 균열, 열균열과 마모이며, 이들 결함은 부적합한 주조방안, 불완전한 열처리, 불합리한 주조작업과 관리에 기인한다. 다이캐스팅 금형은 금형내에서 응력이나 또는 각응력의 합이 금형재의 강도보다 커지게 되었을때 결함이 생긴다. 결함의 원인이 되는 응력들의 두 종류는 다음과 같다.

· 기계가공, 연마, EDM, 불완전한 열처리나 부적합한 주조방안에서의 처럼 금형이 만들어 지는 공정중에 생긴 응력들.

· 열응력이나 기계적응력 처럼 주조작업시 발생한 응력들.

만약 이들 두 형태의 응력들의 합이 금형재의 강도를 초과 한다면 그것이 결함이 되므로, 금형을 제작 가공하는 모든 금형 설계자와 취급자들은 금형이 제작되는 공정에서 가능한한 모든 관심을 금형제작에 집중 하여야만 어떠한 잔유응력으로 부터 피할수 있다. 또한 금형을 사용하는 주조자들은 열충격이나 불균일한 압력에 의해 원인이 되는 어떠한 응력도 피해야한다.

### 2. 결함의 종류

알루미늄 다이캐스팅 금형에서 대부분의 잦은

결합은 다음과 같다.

- 모서리, 예리한 우각부, 혹은 변두리에서의 균열
- 심한 균열이나 벽개균열
- 열균열
- 마모 혹은 침식

### 3. 금형재의 선택

주물이 생산되어지는 케비티는 다이캐스팅 금형에서 가장 중요한 부분이다. 사용할 금형재는 품질이 좋아야 하며 다음과 같이 확실히 고려해야 할 성질을 가져야 한다.

- 조직이 균일할것
- 내부결함이 없을것
- 기계가공성이 좋을것
- 연마성이 좋을것
- 열처리에 대한 반응이 좋을것
- 열처리시 변형이 적을것
- 균열에 대한 저항을 위하여 강인성이 있을것
- 열전도율이 좋을것
- 내마모성이 있을것
- 열균열에 대한 저항이 있을것

이들 모든 성질에 대하여 만족할수 있는 금형재는 없으며 금형 케비티로서 이용 할수 있는 연구되고 실험된 금형재는 한정되어있다. 중요한 금형재들을 표1에 예시 했으며 가장 적합한 금형 케비티재로는 아직도 H-13강이다. 이 강은 금형재로 이용 할수 있는 가장 인성이 강한 강의 하나로서 모든 금형 케비티의 90% 이상을 이강으로 제작한다. 마르에이징강은 케비티에 대한 사용이 제한

\* 중소기업진흥공단

\*\* 한양대학교

표 1. 금형의 캐비티로 이용 할수있는 중요한 금형재.

Type	Nominal Composition (wt %)									
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	Co	Ti	Ai
H-13	.40	.40	1.10	5.00		1.35	1.10			
Maraging250	.02	.10	.10		18.5	5.00		8.00	.40	.10
Maraging300	.02	.10	.10		18.3	5.00		8.00	.65	.10
Tungsten BaseAlloys	Containing about 90% tungsten, 4% nickel and 4% moly									
Molybdenum BaseAlloys	Containing about 98% molybdenum									

되는데 열균열에 대한 더 많은 저항이 요구되고 마모나 침식에는 거의 문제가 제기되지 않을때 이용한다. 소위 내열합금이야 말하는 텅스텐과 몰리브덴 합금들은 열균열과 침식이 심한 문제로 나타날때에 금형내 작은 삽입물들로 사용이 제한된다. 그러나 이러한 합금들은 취성과 노취 감성이 크다. 그들은 주물 두꺼운 부위에 냉금이 요구되고 냉각장치가 적합하지 않을때에 이점으로 할수있는 높은 열전도율을 갖고있다. H-13강은 아직도 공업에서 중요한 소재이며, 만약 적절한 열처리와 생산관리 된다면 만족할만한 성능과 사용이 보장된다.

4. 금형설계시 주의할 사항.

4.1 금형의 두께를 충분히 하라.

다이캐스팅 금형은 사용된 강재의 두께를 충분히 하지 않았을 경우에, 매우 단시간 작업후, 때때로 파국적으로 균열된다. 금형이 다이캐스팅기에 부착되어 있을때는 형체력, 주조압력과 열응력이 내재된 많은 응력을 받게된다. 금형은 주조시에 팽창및 수축이 반복 될것이며 팽창되는 총량은 금형 두께에 좌우된다. 두께가 얇은 금형은 팽창이 보다 클것이며, 균열은 가장 취약한 부분 즉 예리한 모서리, 예리한 우각부에서 발생한다. 균열은 쇼트수가 많아짐에 따라 보다 커지게 되며, 만약 균열이 발생 하였을때 보수 하지 않는다면, 금형은 완전히 파손되는 원인이 될것이다. 금형재의 경도 증가나 다른 금형재의 교체로 팽창과 수축의 차를 줄이려 하는 잘못된 생각을 하는 사람이 더러있다. 형태는 다르지만 같은 두께로된 동일한 강으로 만든 판재는 동일한 하중 하에서 똑같은 크기로 변형 될것이며, 또한 상이한 경도를

갖고있는 동일한 소재의 판재는 동일한 하중 하에서 동일한 크기의 편차나 변형이 될것이다. 금형소재의 변형을 줄이기 위하여 금형의 두께를 크게 해야하며 금형두께가 두배로 증가하면은 약85%의 변형이 감소 할 것이다. 일부 금형 설계자와 제작자들은 금형을 유지 하기위하여 혹은 금형 전체 두께를 늘리기 위하여 아마도 보다 품질이 떨어지는 또 다른 판재들을 사용한다.

이것은 문제를 복잡하게 하며 소위 금형의 적층이라 말하는 사실상 판 스프링이 되는것과 같은 비슷한 조건을 만들어준다. 그림1에 나타난 예들

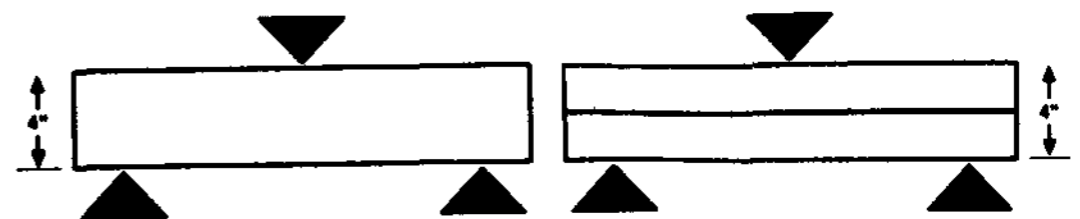


그림 1. 원판과 이중 판재의 변형 비교

은 자주 중요하게 검토된 실례들로서 동일한 두께의 이중판은 하나의 원판 보다 실제적으로 4배 만 큼이나 변형이 생긴다.

4.2 예리한 모서리를 피하라

대부분의 금형 설계자와 제작자들은 금형의 예리한 모서리와 기계가공이 거치른 면에서 균열이 시작되는것을 매우 잘알고 있다. 예리한 모서리와 가공이 거치른 면은 응력이 보다 커지기 때문이다. 도면상의 예리한 모서리는 금형 제작자에게 항상 의문시 되어야하며 가공전에 의문시 되는 우각부를 가진 모서리가 있다면 설계자와 제작자 사이에 토론이 있어야 한다. 또한 보다 큰 어떤 모서리에 적절하게 반경을 키우는것은 유익할 것이다. 표2는 반경의 크기에 따른 인성의 변화를 나타낸다.

표 2. 금형내의 인성은 우각부의 크기에 따라 증거한다.

Radius at Base of Notch (in.)	Izod Impact Strength (ft.lbs.)
0.002	4
0.010	7
0.020	16
0.040	19
0.080	22
0.125	27
Notch free	240

4.3 예리한 문자를 피하라.

가끔 다이캐스팅 주물품들은 주물품의 신분에 대한 징표로 숫자와 문자를 표시하는데, 이러한 경우에 이들은 가능한 커다란 반경으로 설계 되어야한다. 만약 그렇지 않으면 금형은 그림2에서 처럼 금형 바닥의 예리한 각을 통하여 균열이 생기는 경향이 있다.



그림 2. 예리한 문자를 피하라.

4.4 냉각수 흐름을 원활히 할것

커다란 균열이 발생하는 원인은 때때로 냉각관 설치에 기인한다. 예리한 모서리나 오목한 면에서는 냉각관 설치를 위하여 반대편에서 냉각관로를 관통했을때 아주 빈번히 정확히 맞지않는다. (그림 3) 냉각수는 냉각관로를 통하여 원활히 흘러야 하며 또한 기계가공 흔적이 없어야 하는데 이는

DIE SURFACE

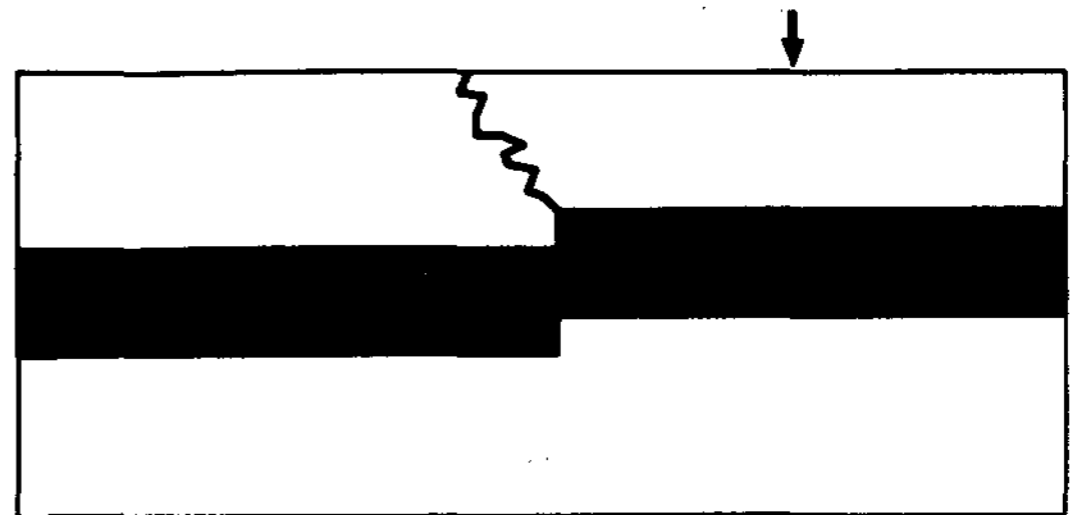


그림 3. 냉각관로는 정확히 관통해야한다.

거칠은 기계가공 면이나 예리한 모서리는 응력이 집중되므로 피해야한다. 냉각관로에서는 거칠은 기계가공면이 금형결합의 원인이 되어 균열이 발생한다.

5. 금형 열처리

생산현장 사람들은 금형의 사용과 관련하여 금형 열처리의 중요성을 더욱더 인식하게 되었으며, 대부분 금형결합에 대하여 많은 기술자들의 의견은 불완전한 열처리가 원인 이었다. 다이캐스팅 금형의 열처리는 금형 제작에 있어서 가장 핵심공정으로서 금형의 담금질은 많은 주의가 필요하며 담금질을 하지않는 금형은 완전히 무익하다. 열처리시 치수변화처럼 가끔 조정 될수있는 여러가지 중요한 요소들이 있으며, 체적이나 크기가 커지는 물리적 현상은 조정될수 없다. 금형이 열을 받게 되면은, 자연적으로 금형재의 팽창계수에 따라 팽창하는데. 열처리 온도가 금형재의 변태점에 이르면, H-13강에서 약 840℃, 소재는 보다 밀도가 높은 오스테나이트조직으로 변하기 때문에 수축한다. 담금질온도가 다시 1010℃가 되면 팽창한다. 냉각이나 급냉하는 동안에 소재는 또다른 변태온도 약 370℃에 도달하면 팽창하는데 이는 다시 마르텐사이트조직으로 변화하기 때문이다. 마르텐사이트는 오스테나이트보다 밀도가 작으며 그것은 또한 본래의 풀림조직보다 밀도가 작다. 결과적으로, 금형체적은 담금질 전보다 커졌기 때문에 이 크기의 변화는 표준상태 하에서 예측할수 있고, 허용치는 금형 설계자와 제작자 사이에 사전협의 될수있다. 치수변형의 다른종류인 비틀림은 내부응력의 원인으로서는 금형을 제작하는 과정에서 발생하며, 교정 될수있다. 화이트나 그라인딩 휠에서 금속을 가공할때 금속의 가공면에서는

일정한 양이 뜯기고 떨어짐에 발생한다. 이것은 그림 4에서 처럼 금속의 표면에 비정질층으로 남

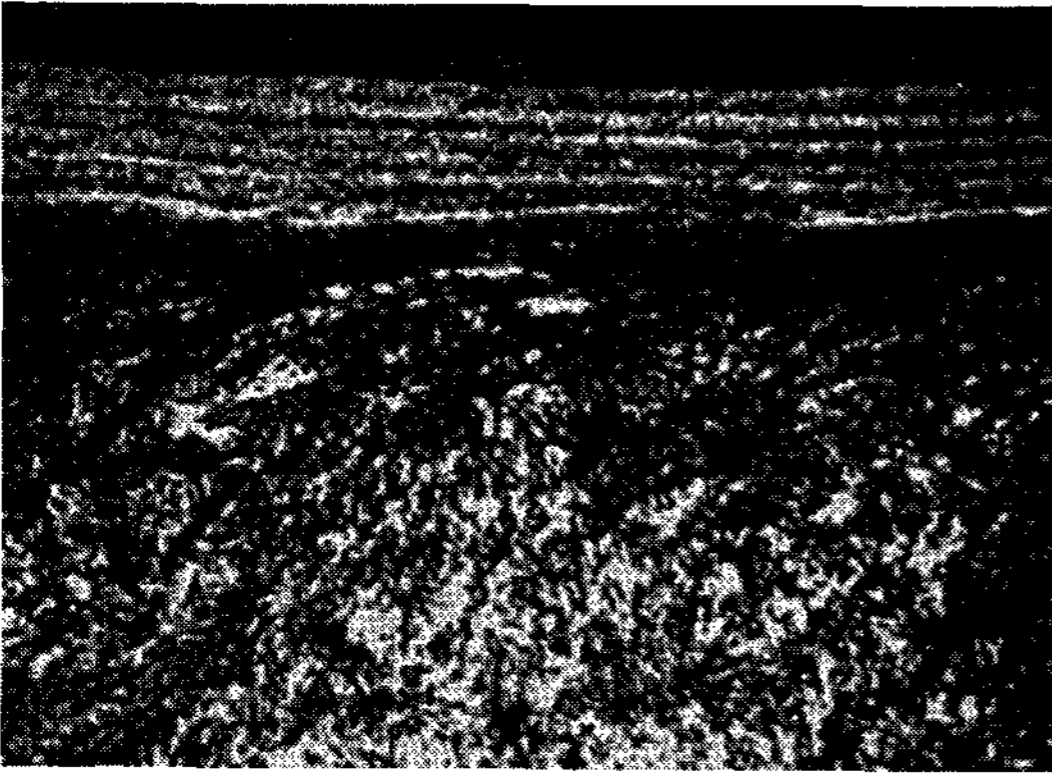


그림 4. 변질된 금형표면

는다. 금속이 비정질층 하에서는 휘어져 있는것을 볼수있으며 이것은 금속의 항복점을 초과 했다는 증거이다. 풀림처리된 강의 항복점은 강의 파단강도의 약 20% 이하이다. 그러므로, 중절삭시 잔유 응력은 금형표층부를 당길만큼 크기 때문에 바로 처리가 되지 않더라도 확실하게 열처리를 행해야 한다. 다행히도, 이들 응력들은 약 670℃에서 제거하거나 분산 시킬수 있으며, 인치당 30분 정도로 균열을 실시하고 금형에 화색이 사라질때까지 로냉 시킨다. 그다음 실온까지 공냉시킨다. 특히 좋은 방법으로 설계가 복잡한 금형에 대하여 응력을 제거하기전에 1/4인치 정도 여유의 두께를 주고서, 670℃에서 응력제거하고, 냉각하여 열처리시 발생하는 치수변형에 대하여 금형여유살을 가공한다. 비틀림은 이미 응력이 제거 되었다 할지라도 굽열이 원인이 될수 있다. 금형의 모양에 따라 각 부위의 두께를 고려해야 한다. 즉 두께가 얇은 면에서는 두꺼운 면보다 더욱 빠르게 신속히 온도가 상승하고 빠른 속도로 팽창한다. 가열이 계속되면서, 얇은 면이 두꺼운 면보다 먼저 변태점 840℃에 도달한다. 그러므로, 얇은 면에서는 실제적으로 조직변화를 통하여 수축 될것이며 두꺼운 면은 반대로 팽창 할것이다. 응력들은 두께가 변하는 연결부에서 발생한다. 이들 응력들은 강의 항복강도보다 커질수 있고 이 온도에서 비틀림이 발생 할수 있는 원인이 된다. 사실, 두께가 변하는 연결부에서 금형 균열의 원인이 되는 응력들은 강의 인장강도나 파괴강도보다 커 질수있다. 비틀림이나, 균열을 방지 하기 위하여 안정된 금

형의 열처리는 얇고 두꺼운 부위가 항상 동일한 온도로 또는 근사한 온도가 되도록 천천히 가열하여야 한다. 금형의 냉각이나 급냉시에도 비슷한 조작들이 행해져야 한다. H-13강의 열처리에서, 동일온도의 노나 염욕에 넣어서 금형의 모든 부위가 같은 온도가 될때까지 유지한후 공냉한다. 이 냉각방법은 급냉시 비틀림이나 균열방지를 위하여 매우 효과적이다. 급냉은 금형내의 마지막 변태로 부터 야기되는 응력을 방지한다. 금형은 온기가 있는 정도까지 냉각 시킨후에 변형및 균열방지를 위해 즉시 뜨임을 행해야한다. 금형은 온도가 높은 뜨임에서 인치당 1시간으로 유지 하면서 2회의 뜨임을 해야한다. 그러나 요구된 경도를 얻기 위해서는 최소 4시간을 뜨임 해야한다. 2차 뜨임후, 액체호우닝이나 슛돌에의한 스케일과 산화물을 제거 하기위하여 정치수로 가공되고 다듬질 되어야 한다. 다듬질은 경도가 떨어지지 않는 범위내에서 전 뜨임온도 보다 낮은 37℃에서 다시 한번 뜨임을 해야 한다. 이 마지막 3차 뜨임처리는 2가지 목적이 있다. 그것은 정치수 가공과 끼워 맞추는 사이에 특히 연삭이 포함 되었다면 발생된 응력을 제거 할수있으며, 또한 표층에 가벼운 산화막을 형성하여 윤활이송재 및 사출시 금형내 뜨거운 용탕에 대해서 직접적인 보호시일드로 작용한다. 이것은 용탕이 금형내 고착을 방지하고 최소화 한다.

## 6. 금형제작시 권고사항

### 6.1 마모와 열균열의 최소화

만약 금형의 침식이나 열균열이 특히 문제가 되었다면, 질화처리는 3차 또는 마지막 뜨임으로 대체 될수있다. 가스 질화처리된 H-13강의 표면경도는 HRC 65~70이다.

이것은 인성을 증가 하기위하여 경도를 낮추어 지도록 뜨임 하는것으로 다이캐스팅 금형에 대해서 효과적이다. 경도를 낮추는 것은 일반적으로 보다 빠른 열균열과 마모의 원인이 되므로 바람직 하지 않다. 질화처리는 매우 바람직한 복합적인 물리적 성질을 가지며, 내부의 낮은 경도 때문에 마모, 열균열과 균열에 강한 금형표면을 만든다. 내부의 기본경도는 보통 H-13강의 뜨임 온도보다 낮게 524~538℃ 범위내에서 질화처리 하기 때문에 낮아지지 않는다. 다이캐스팅 금형의 질화처리된 질화깊이는 0.05인치를 초과하지 않는다.

질화깊이가 깊은 경우 분리선과 예리한 가장자리에서 박리현상이 일어난다.

### 6.2 인서트의 부정확한 끼워 맞춤으로 인한 균열

모서리나 예리한 우각부에서 조기 균열이 발생하는 또다른 이유는 인서트와 지지대 사이의 부정확한 끼워 맞춤이나 부적합한 썰기의 사용 때문이다. 인서트의 밑바닥 표면과 지지대와의 사이에 100% 접촉을 해야하며 그림5와 6에서처럼 불균일하게 힘을 받기때문에 조기 균열의 원인이된다.

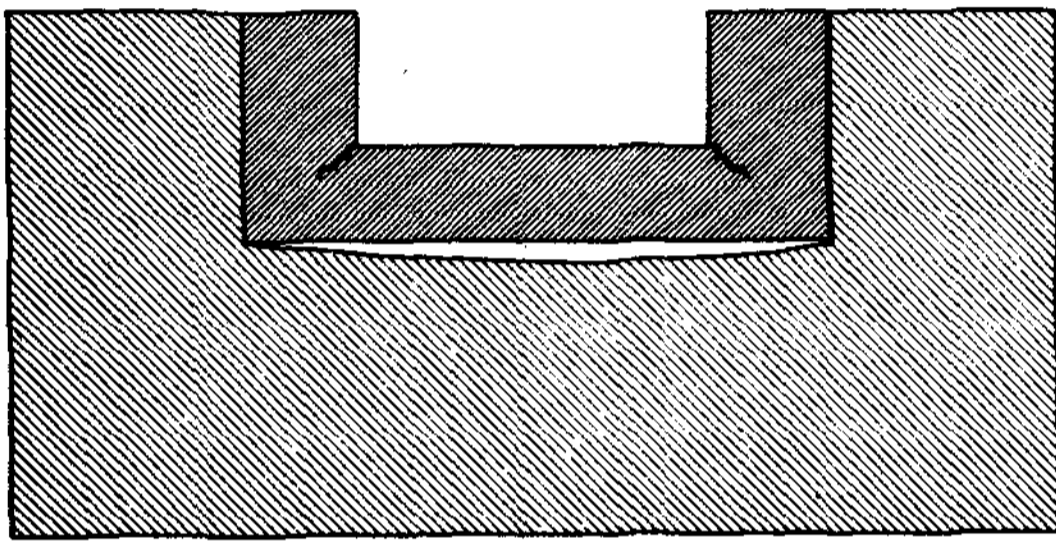


그림 5. 부정확한 끼워 맞춤

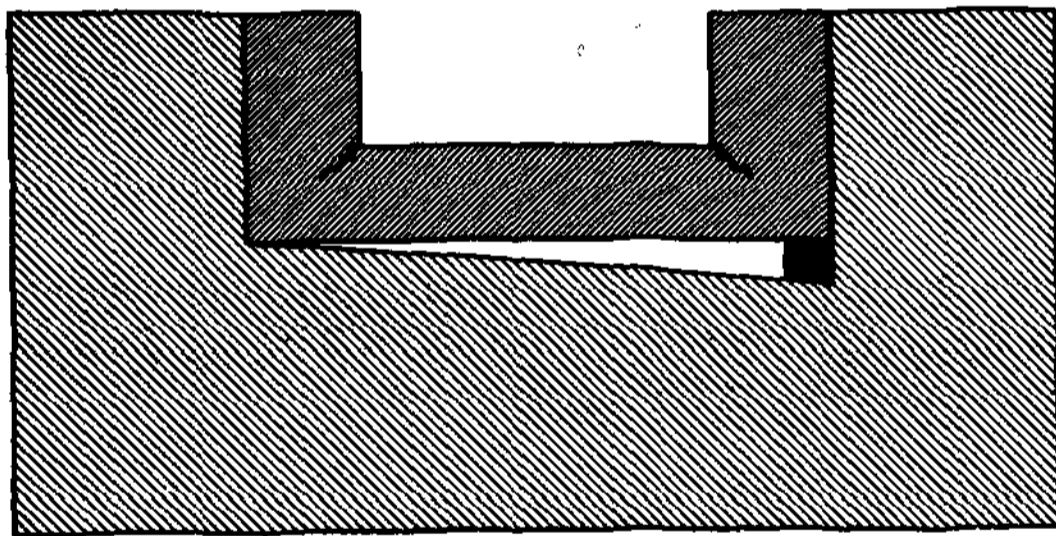


그림 6. 부적합한 썰기사용

### 6.3 가열 수축 끼워 맞춤은 균열의 원인

가끔 금형 인서트들은 금형 틀내에 가열 수축 끼워 맞춰진다. 이 작업은 인서트와 지지대 사이에 매우 큰 응력의 원인이 되며, 이들 응력들은 주조시 발생한 응력과 합해져 금형내 모서리나 우각부 그리고 지지대에서 균열의 원인이된다. 금형을 사용하는 주조현장에서는 첫 사출시 금형의 모서리나 우각부에서 가열 수축 끼워맞춤으로 인한 균열을 목격하게된다. 명확히 말하여 가열 수축 끼워맞춤은 권장할 작업방법이 아니다.

### 6.4 연마응력은 균열과 열균열의 원인

연마작업시에 열을받는 다이캐스팅 금형은 적

어도 3가지 점에서 나쁘다.

- 연마균열들, 또는 균열들은 금형을 만들기전에 사용 할수없는 현상이된다.
- 연화표면은 모서리와 예리한 반경에서 열균열, 침식, 그리고 균열에 대한 저항이 보다 작게 형성된다.
- 응력은 반드시 생겨나게되며, 만약 제거하지 않는다면 모서리와 예리한 우각부에서 열균열, 침식, 균열이 조기에 발생하는 원인이된다.

### 6.5 연마 균열

연마균열들이 갖고있는 문제점들은 여러가지 원인으로 나타날수 있다. 연마균열들은 하드 휠이나 광택 휠, 중절삭, 담금질액 부족, 혹은 부적합한 담금질액 사용이 원인이된다. 마찰열은 하드휠이 재료의 파괴강도보다 인장응력을 보다 크게 하므로서 생겨난다. 연마균열은 그림7에서 보는바와 같다.

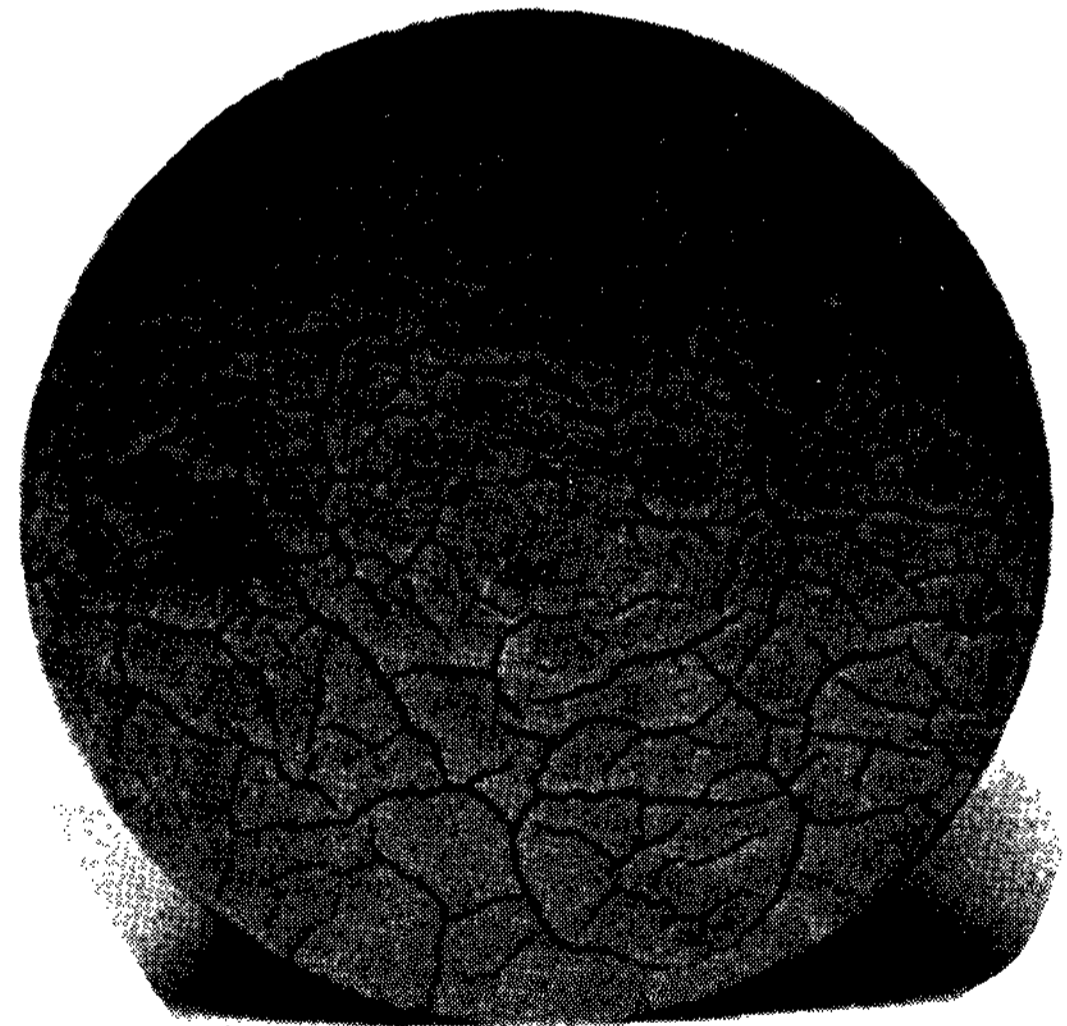


그림 7. 연마 균열

### 6.6 연질 표면

일반적으로 연질 표면은 하드휠이나 또는 과도한 연삭에 의해 원인이된다. 이들은 금속이 본 뜨임온도 이상에서 가열된, 강의 높은 뜨임이되어 연질 표면이된다. 표층은 경하지 않을만큼되어 표면경도 HRC36이 되고 그 하부가 HRC45이다. 주조시 용융 금속과 접촉하는, 연질표면은 하부의

금속만큼 강 하지않고 필요로하는 열피로강도가 부족하다. 열피로강도의 부족은 열균열을 야기하며, 연질은 또한 금형의 침식, 셋짐, 또는 피트의 원인이된다.

**6.7 연마응력**

연마응력들은 반드시 금형내의 연마된다이 표면에 존재한다. 이들응력들은 금형표면의 유효한 완전강도를 감소한다. 열피로강도의 결핍은 모서리나 예리한 우각부에서 조기 열균열과 균열의 원인이된다. 연마응력은 연마후 잔유응력 처리를 하므로써 개선 할수있다. 잔유응력처리는 H-13강의 뜨임온도 510~538℃보다 10~37℃낮은 온도에서 행하며 1인치당 1시간 균열한다. 이것은 연마응력을 제거하고 강의 사용을 안정하게 하는 것이다.

**6.8 EDM에 의한 결함.**

방전기는 가끔 복잡한 설계의 금형을 자르기 위해서 사용하며, 보통 경화강에 사용된다. 방전기는 때때로 소위 백층이라 말하는 (그림 8), 경화

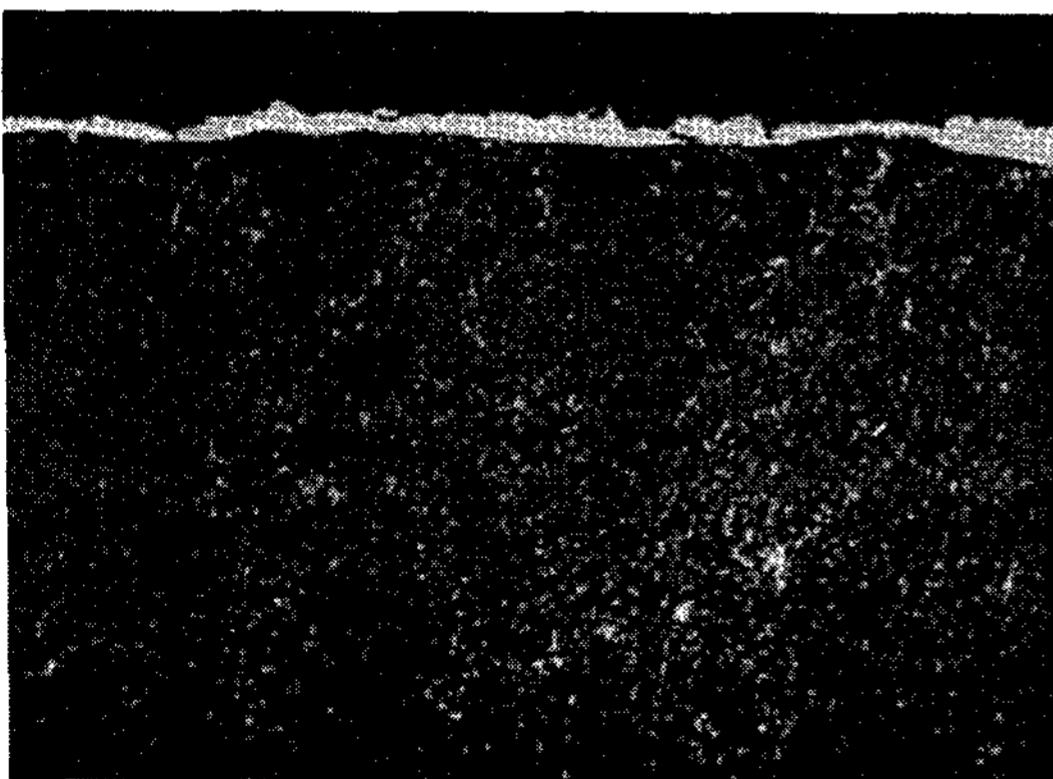


그림 8. EDM한 백층

강의 표면에 층을 만든다. 이 층은, 만약 제거하지 않거나 응력제거를 않는다면, 금형의 표면에서 열균열, 피팅, 균열의 원인이된다. 사용된 전류량과 주파수에 따라, 이 표층은 수십분의 1인치에서 수천분의 1인치까지 달한다. 거칠은 가공은 깊은 백층을 만들며, 이에반하여 매우 정교한 가공은 양질의 표층을 만든다. 가공의 무관심에서, 응력을 받게되므로 주의해야한다. 다음은 문제를 해결하기 위하여 알고있는 조치들로서, EDM은 이전

의 중절삭시 발생한 거치른 면을 가공하기위하여, 고주파로 처리한다. 연삭이나 슛돌에 의해 백층을 제거하고 금형을 이전의 뜨임온도 보다 낮은 온도에서 재 뜨임한다. 그러면 경도는 떨어지지 않는다. 만약 위의 조치로 백층의 최소화가 불가능하다면, 이상의 공정을 처음부터 다시 반복한다. 이 방법은 적어도 상당한 응력들이 제거된다.

**6.9 열균열**

열균열은 아마도 알루미늄 다이캐스팅 금형의 가장 빈번한 고장원인이다. 열균열은 열피로, 금형표면의 응력, 낮은 경도, 그리고 거치른 금형표면이 원인이된다. 열피로는 금형표면에서 가열과 냉각의 반복으로 생긴다. 연속적인 온도 불안정은 금형내에서 팽창과 수축이 반복해서 일어난다. 어느 일정한 팽창과 수축이 반복된후에 작은 균열이 금형표면에 발생하면, 이 균열이 점점 커져서, 결국에는 파손의 원인이 된다. 가열과 냉각이 반복되는 사이에, 사출된 금속의 온도와 거의 근사하게, 금형표면은 빠르게 팽창한다. 주물로 부터 열이 흡수 되면서 보다 적고 빠르게 다시 수축되며 금형몸체 하부로 전달된다. 금형내부에 있는 냉각관로는 표면으로 부터의 열 전달이 빠를 것이다. 그림 9는 주조 사이클동안 금형내 온도구배를 나

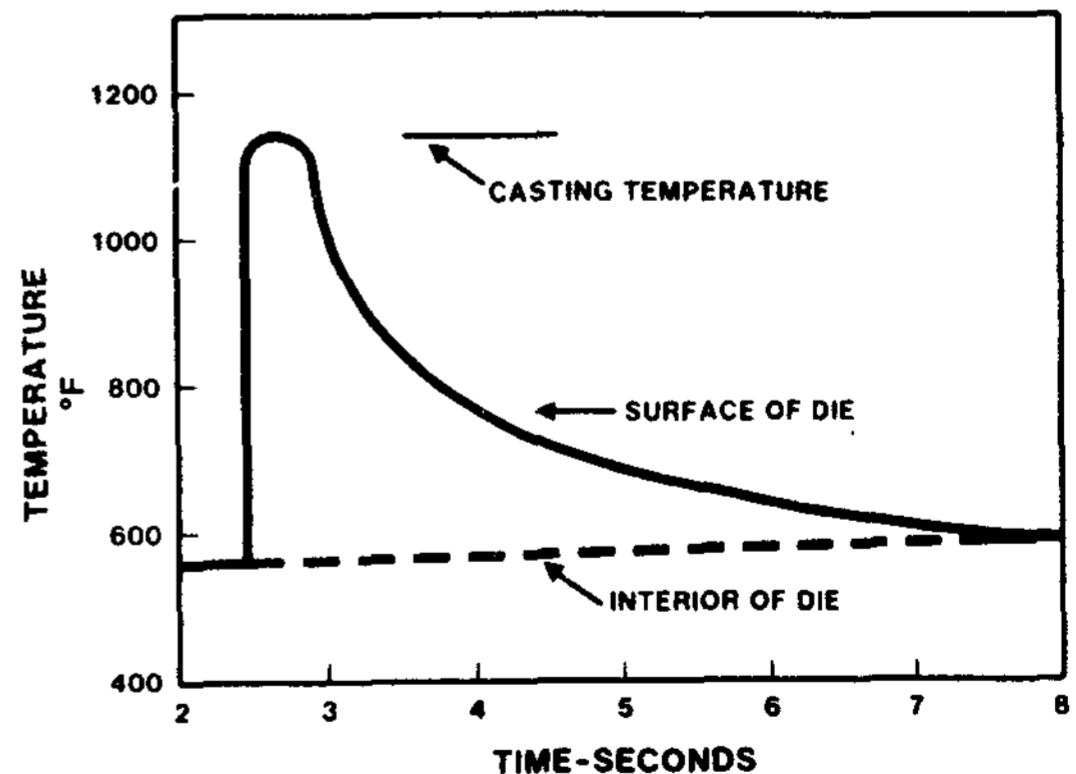


그림 9. 금형표면에서의 온도구배

타낸다. 금형표면의 연속적인 팽창과 수축은 열균열의 원인이며, 금형온도와 금형내 사출된 금속온도, 금형표면의 보다 큰 팽창과 수축사이에서 열균열을 예측하게된다. 만약 용융금속이 차가운 금형내에 사출된다면 팽창과 열응력은 최대가 될것이다. 열충격은 금형 균열의 직접적인 원인이 될

수 있다. 금형이 예열되는 만큼 실제적으로 경제적으로 유익하다. 금형과 사출금속 온도 사이의 온도차를 줄이기 위하여 금형은 260~315℃까지 예열되어야 한다. 현장에서 수집된 자료에 의하면 금형온도 범위는 200℃까지로 나타났으며, 금형 수명도 2배이다. 그림10은 금형온도와 유효한 생산량 사이의 관계를 나타낸다.

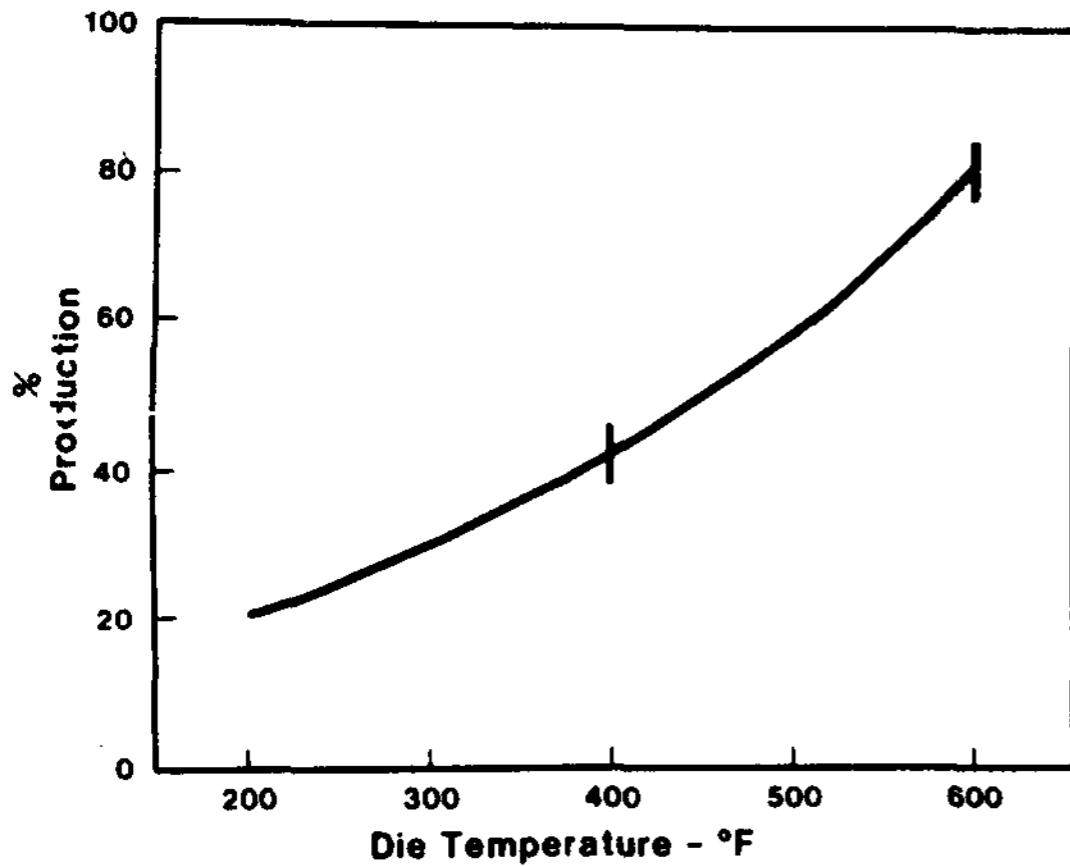


그림 10. 금형온도와 생산성의 비교

### 6. 10 탈탄은 열균열의 원인

탈탄은 금형표면으로 부터 탄소가 감소되는 현상으로서, 그것은 열처리로의 분위기내에서 부적당한 조건들에 기인한다. 이것은 표면에서 경도가 낮아 진다. 그림 11은 탈탄으로 인한 금형에서 2000쇼트후에 열균열된 조직사진이다.

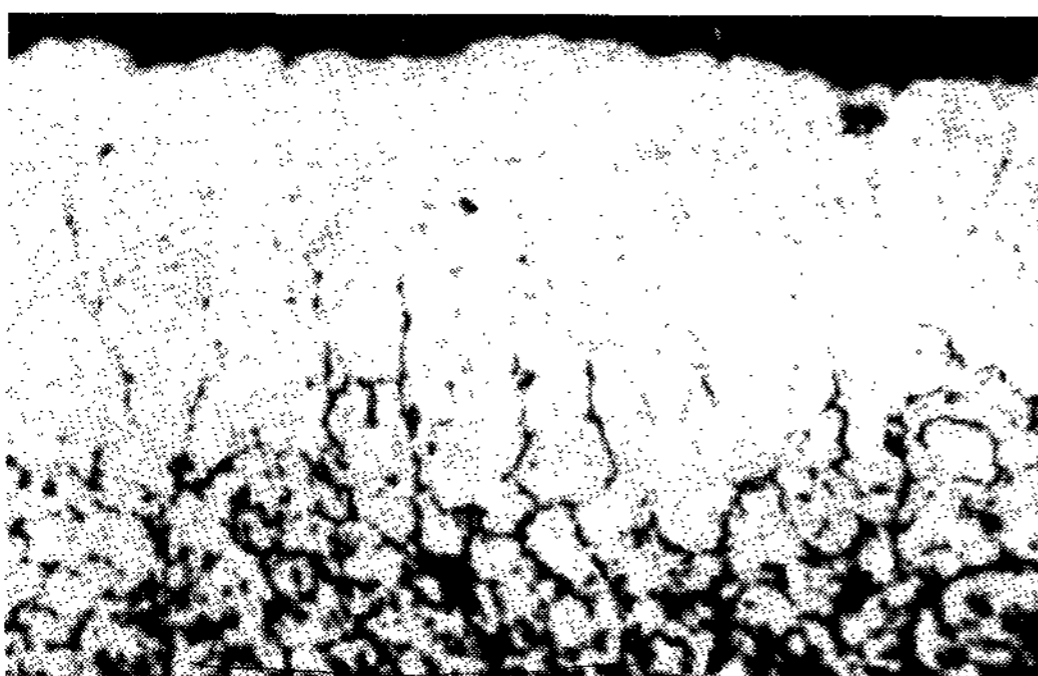


그림 11. 탈탄된 금형표면

이와관련하여 표면경도는 HRC35이며, 내부경도는 균일하게 HRC48이다. 금형표면은 주조작업이 행해지기 때문에 탈탄과 연화되지 않아야한다. 알루미늄 다이캐스팅 금형은 명확히 H-13강을 사

용하고, 특히 경도가 HRC35로 열처리된 강은 매우빠른 열균열로 거의 오래 사용하지 못한다.

### 6. 11 국부 과열

금형표면에서 국부과열은 토오치로 금형에 달라붙은 주물찌꺼기를 제거하기 위하여 사용하거나 금형을 예열하는 동안에 가끔 발생한다. 만약 금형표면에 국부 과열점이나 과열부가 눈에 띄게 붉게 된다면 그때는 과뜨임이 초래되어 강의 연화가 되며, 열영향을 받게된 과열부에서 경도는 쉽게 HRC35까지 떨어진다. 그리고 금형은 열균열 될것이다. 만약 국부과열 되었다면 금형표면은 질화처리에 의해 회복될수 있다.

### 7. 금형의 보수

금형보수를 위한 최적기는 노력과 경비가 최소로 요구될때이다. 가끔 큰 재해를 제외하고 금형 파손은 보통 균열이나 열균열이 시작되기전에 징후가 나타난다. 균열들은 거의 항상 모서리나 예리한 반경에서 나타난다. 일반적으로 아주미소한 균열들이 성장하면서, 금형에 작은 균열들이 나타나게 되고 곧 주조기로부터 분리된다. 균열과 피트들은 주조시 매우 쉽게 나타난다. 일반적으로 결함은 슛들로 제거할수 있으며 용접을 하지 않을 수도 있다. 열균열은 갑자기 나타나지 않으며 아주작은 피트로 시작되고, 중국에는 폐쇄된 그물형태로 형성된다. 만약 열균열에 커진다면, 열균열들은 큰 균열로 성장할 것이며, 보수하는데 많은 비용이든다. 그렇지 않으면 금형은 결판나게 되고, 아주 새로운 금형이 제작되어야한다. 열균열을 보수하기 위한 최적기는 금형에 균열들이 가득 차지전이다.

#### 7. 1 보수작업후 항상 잔유응력을 제거하라

금형에 균열들이나 열균열이 발생하였을때는, 주조작업 동안에 축적된 응력들이 강의 강도보다 커졌기 때문이다. 결함들이 제거된 후에는 반드시 잔유응력 처리를 해야한다. 만약 응력들이 제거되지 않았다면, 일반적으로 결함은 짧은 시간내에 동일부 위에서 재발생한다. 더군다나, 결함을 제거하는 동안에 부수적인 기계와 연마응력들은 또 따른 좋은 이유를 제공한다. H-13강을 사용할 금형은 일반적으로 510℃에서 균열한후 공냉한다.

### 7. 2 금형의 용접

결합이 커졌을때는 필연적으로 용접을 하게 되며, 때때로 금형은 설계의 우각부나 결합들이 수정되는 것이 필요하기 때문에 용접하게된다. 열처리를 전제로 금형을 용접하는 것은 오늘날 일반적인 관례이다. 만약 아주 단순하지만 반드시 실행해야할 지침을 따른다면, 문제는 없을것이다. 용접할 금형강의 특성을 알아야 하며, 기계나 연마에 의한 모든 결함을 완전하게 제거해야한다. 또한 용접할 표면은 깨끗이 청소하고 완전히 건조해야한다. 적합한 용접봉을 선택하고 금형을 예열하라, H-13강의 경우 480℃임, 그리고 금형온도를

260℃ 이하로 떨어뜨린후 재가열 하라. 용접후 금형에 온기가 있을때까지 냉각하여, 510℃까지 재가열한후 금형두께 1인치당 1시간 유지한다. 공정 중 가장 중요한것은 용접후에 금형을 재가열하는 것으로서, 그것은 2가지 이유 에서이다. 첫째는 용접부위의 용접응력을 제거하는 것이며, 두번째로는 용접시 열에의해 경화된 용접할부위의 옅은층을 뜨임하는 것이다. 그림 12는 H-13강에서 용접물과 2차 용접할 열 영향부의 경도를 나타낸다. 처음 금형의 경우는 HRC50 이었다. 그러나 용접하는 동안 발생된 열 때문에 경도가 HRC30~40으로 낮아지는 재뜨임이나 과뜨임을 초래한 약간의 온도 구배를 갖고 있다.

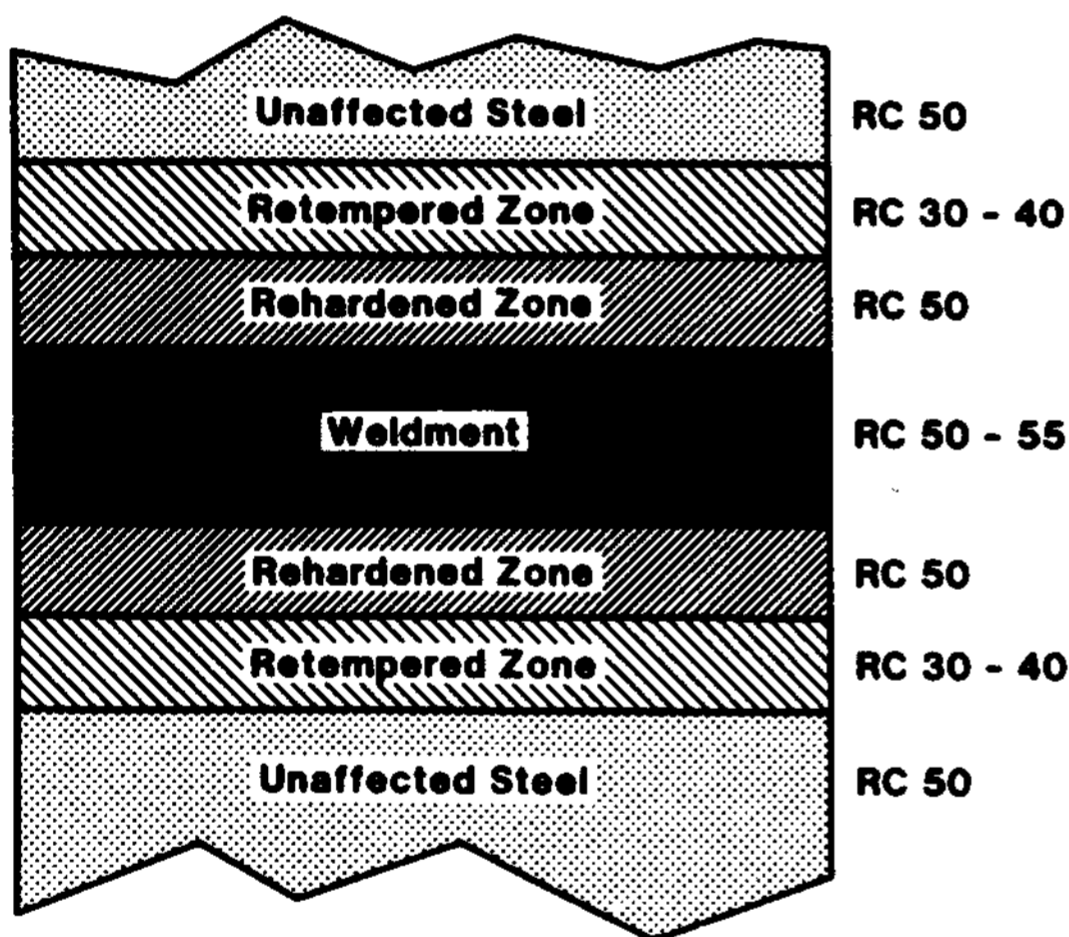


그림 12. 용접부위에서 경도 변화

### 7. 3 마르에이징강에 의한 용접

최근 몇년동안, 마르에이징강은 마르에이징 용접봉재의 사용으로 그들의 성과를 높였다. 용접봉재는 대부분 H-13강으로 부터 만들어진 금형의 용접에서 사용되었다, 그러나 용접과정은 H-13강 용접용으로 용접 하는 것보다 더 간편하다. 마르에이징 용접으로 용접할때, 금형은 약 150℃까지 예열한후 용접한다. 용접부위 경화를 위하여 금형은 약 510℃까지 가열되며 7시간 유지된다. 이것은 마르에이징봉재 사용에 의하여 경도 HRC45~50에 이른다. 부수적으로, 510℃에서의 처리는 용접부위의 응력을 또한 제거한다.

### 7. 4 불량교정방법

표3에 요약된 권고사항은 결함을 교정하는데 도움이 될것이다.

표 3. 불량교정방법

Trouble Experienced	Possible Cause	Recommendation
Cracking or gross cracking	Die underdesigned	Increase die thickness
	Sharp corners of sharp radii	Increase if possible
	Improperly heat treated	Review heat treatment
	Die not tempered enough	Retemper
	Die too hard	Lower hardness - raise tempering temperature
	Die not preheated sufficiently	Preheat die to at least 400°F
	Die running too cold	Run die hotter
	Die not tough enough	Retemper and/or lower hardness
	Excessive operational stresses	Adjust operation
	Uneven pressure	Support die evenly



Heat checking	Die not preheated enough	Preheat die to 450°F min
	Die temperature too low	Run die at 600°F
	Die too soft	Increase hardness
	Excessive stresses on die surface	Nitride
	Decarburization	Stress relieve die
		Check die for decarb
		Stone-off decarb
		Consult with heat treater for possible nitriding
Wear	Die too soft	Increase hardness
		Nitride
	Die decarburized	Stone-off decarb
		Consult with heat treater for possible nitriding
	Excessive residual stresses on die surface	Stress relieve

### 8. 결론

이 보고서는 가장 빈번한 다이캐스팅 금형 결함과 발생원인에 대해서 기술하였으며, 양호한 금형 사용특성과 조기의 금형 파손을 방지하기 위하여 다음의 지침을 추천한다.

- 이상적인 열처리를 할것
- 금형을 바르게 사용할것
- 올바른 금형관리를 할것

이 보고서에서 취급된 자료는 단지 관련 사항에 대해서 요약된 것이며, 특정한 표준 설계는 각개개의 금형과 그것의 응용에 따라야 할 것이다. 또한 본 자료들은 일반적인 기술에 대해서 기술되었으며, 독립된 연구와 결과가 없이 어떤 특정한 목적과 관련해서 사용하지 않아야 한다. 이 자료를 신뢰하고 이용한다면 그 다음 부터 발생하는 모든 리스크와 불이익은 없을 것이다.

### 기술자료, 기술보고 등에 관한 원고 및 게재요청 모집 안내

당학회지 “주조”는 산업체에서 근무하시는 회원 여러분의 글을 기다리고 있습니다. 다음과 같이 많은 투고로 본 학회지를 더욱 빛내주시기 바랍니다.

#### 다 음

1. 원고의 종류 : 기술자료, 기술보고, 기술해설 등
2. 원 고 료 : 본학회의 고료 지급 기준에 의함
3. 표 기 문 자 : 한글, 필요에 따라서 한자 및 영문표기
4. 보 낼 곳 : 한국 주조공학회 사무국

(서울특별시 용산구 동부이촌동 300-15 명지상가내)

또한 회원 여러분들이 아시고 싶은 분야나 의견이 있으신 경우 그 내용을 간단히 기술한 것을 적어서 학회로 보내주시면 그 분야에 대하여 게재토록 하겠습니다.