

技術資料

주물결함의 국제 분류법

김형수*

International Classification of Common Casting Defects

H. S. Kim

주조법은 기계가공 또는 금속제품의 생산방법 중 가장 오래된 기술이며, 따라서 기술내용 또한 가장 원초적인 것이라 할 수 있다. 그러므로 주조 기술의 향상 또는 주물의 품질향상은 어떤 획기적인 수단보다는 꾸준한 관찰과 점진적인 개량에 의하여 이루어지는 것이 일반적이다. 그리고 그러한 노력의 대부분은 주물결함의 발생원인을 분석하는데 소모되고 있으며, 결함의 원인을 분석하는 작업은 그 종류를 조사하고 분류하는 것으로 부터 출발한다.

이제까지 주조 기술자들은 주물결함의 종류를 분류할 때 전통적인 이름을 사용하여 왔다. 그러나 같은 결함을 서로 다르게 표현하거나 그 구분이 애매한 경우가 많이 있어서 좀더 세밀히 분류할 필요성이 대두되어 왔다. 이러한 필요성에 따라 주조기술협회 국제위원회 CIFTA는 주물결함을 다음과 같은 7가지 범주로 나누고 각 결함의 명칭을 표준화하였다.

- 돌출 결함(Metallic Projections)
- 공동(Cavity)
- 단절(Discontinuities)
- 표면결함(Defects)
- 불완전한 주물(Incomplete Casting)
- 치수 불량(Incorrect Dimension)
- 개재물 또는 조직상의 이상(Inclusions or Structural Anomalies)

여기서 단절(Discontinuity)이란 금속의 평면상의 분리 즉, 균열을 의미한다. 다음 표는 표준화된 주물결함의 명칭을 표시한 것으로서 미국금

속학회 Metals HandBook 9차 개정판의 제15권 (1988년) "Castings" 546페이지에 수록된 것을 번역하여 소개한 것이다. 여기서 번호 다음에 (a)가 덧붙여진 것은 어떤 환경조건하에서는 직·간접적으로 주물의 파손을 야기할 수 있는 것을 의미한다.

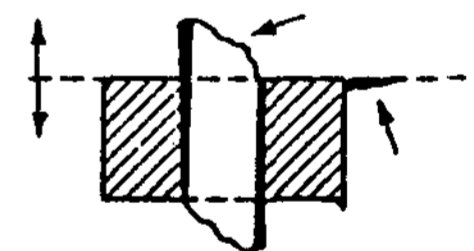
표 일반 주물결함의 국제 분류법

돌출 결함

A 100 : 지느러미(fin) 또는 얇은 형태의 금속 돌출

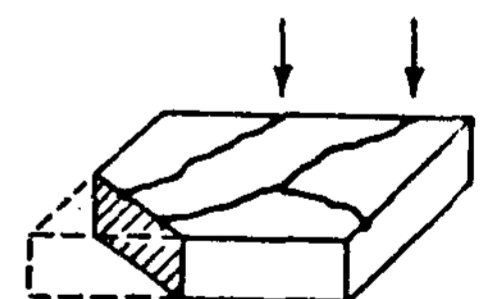
A 110 : 주물의 기본 치수에 변화가 없는 돌출

A 111 ... 분할선이나 코어 프
린트 부분의 얇은
지느러미



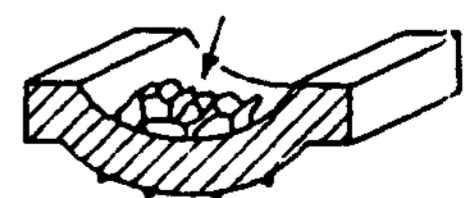
합형부 지느러미

A 112 ... 주물표면의 혈맥 형
태의 돌출



혈맥(vein)

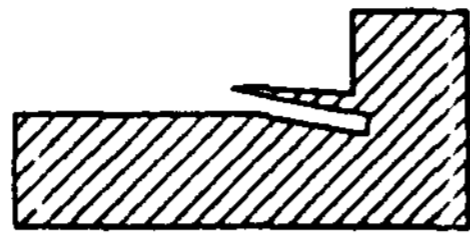
A 113 ... 다이캐스팅 주물 표
면의 그물형태의 돌
출



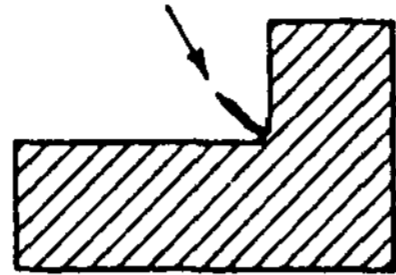
열균열 금형

* 동양공업전문대

A114 ... 내각 부분에 나타난, 주물표면에 나란한 얇은 돌출



A115 ... 내각 부분에 위치한 돌출, 각을 2등분함 필렛 혈맥(fillet vein)



필렛 혈맥(fillet scab)

A120 : 주물의 기본 치수를 변화시키면서 나타나는 얇은 돌출

A123 ... (소실모형을 사용하는 정밀 주조법에서) 주형의 조립에 관련된 면에 형성된 지느러미; 주물의 기본치수 변화

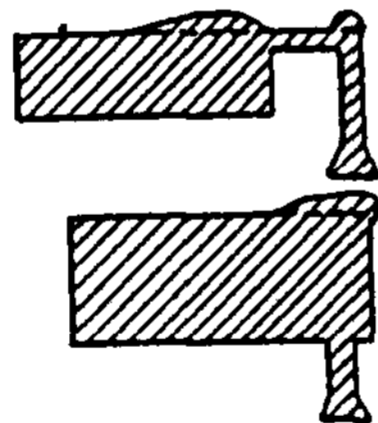


금가거나 깨어진 주형

A200 : 덩어리형 돌출

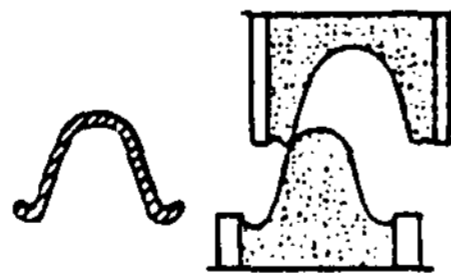
A210 : 부풀음, 팽창

A212 ... 탕구바닥이나 탕도 주변에 살이 덧붙음



붕괴, 찢김

A213 ... 주형 조립방향으로 면적이 늘어난 형태



압착, 뭉갸

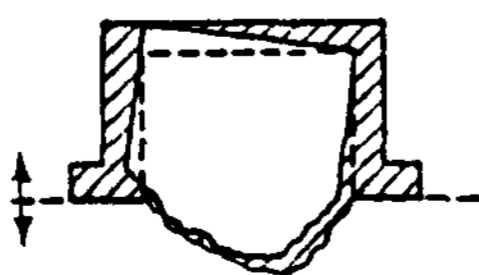
A220 : 표면이 거친 돌출부

A221 ... 주물의 상형부에 나타나는 거친 돌출부



주형 탈락, 스티커(sticker)

A222 ... 하형부에 나타나는 거친 돌출부



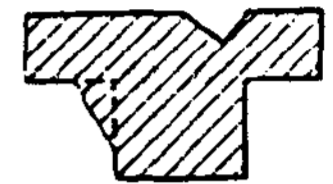
코어 부상, 또는 주형 요소의 분리

A223 ... 하형부에 분산되어 나타나는 거친 돌출부



주물사 부상

A224 ... 기타 부분에 나타나는 거친 돌출부

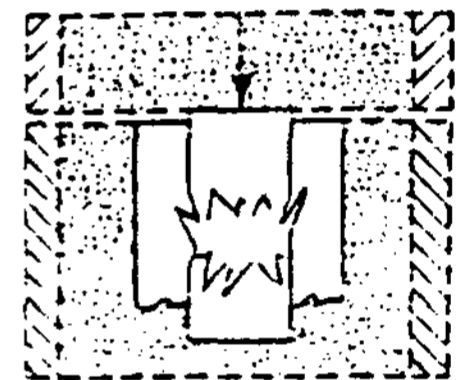


A225 ... 주물의 넓은 부분에 걸쳐 나타나는 거친 돌출부



코너 스캐프(corner scab)

A226 ... 코어부 내면에 나타나는 거친 돌출부



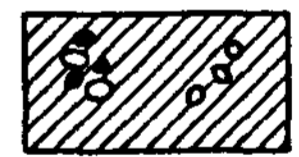
코어파괴

공동

B100 : 맨눈으로 볼 수 있는 둥글고 매끈한 구멍(기공, 미세기공)

B110 : 주물내부에 생성하여 기계가공, 파괴등 특수한 방법에 의해서만 관찰되는 B100형의 구멍

B111 ... 내벽이 매끈하고 둥글며 크거나 다양한 내부 구멍, 주물의 모든 부위에 독립적으로 또는 떼를 지어 존재함

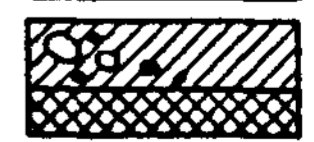
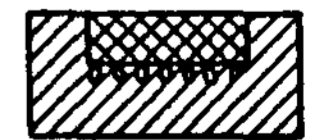


기공(blow hole),



미세기공 (pin hole)

B112 ... 위와 같으나 주형에 위치한 금속조각(철, 내부철 등) 근처에만 나타남



냉금(chill)이나 내부철 주변의 기공

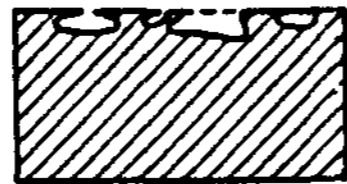
B 113 ... BlII과 같으나 슬래그 개재물 (G122)을 동반함



슬래그 기공

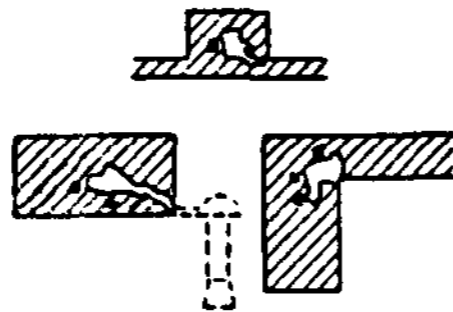
B 120 : 표면 또는 그 부근에 위치하며, 크게 노출되거나 적어도 외부와 연결된 B100형의 구멍

B 121 ... 표면 또는 그 부근에 노출된 구멍, 내벽이 반짝이며 크기가 다양하고 독립적으로나 많이 모여 존재함



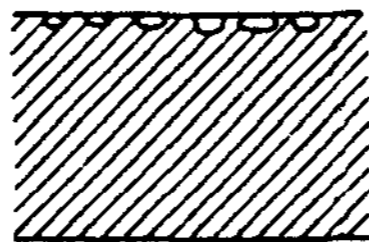
표면 또는 그 부근의 기공

B 122 ... 주물 내각부의 노출된 구멍으로 때로는 내부 깊숙이까지 뻗어 있음



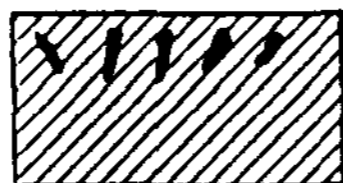
코너 기공, 빨림

B 123 ... 주물 표면에 약간 넓게 분포하는 미세 기공



표면 미세기공

B 124 ... 주로 절각가공시 나타나 균열 형태의 좁고 작은 구멍



분산분포 수축공

B 200 : 내벽이 거친 구멍, 수축공

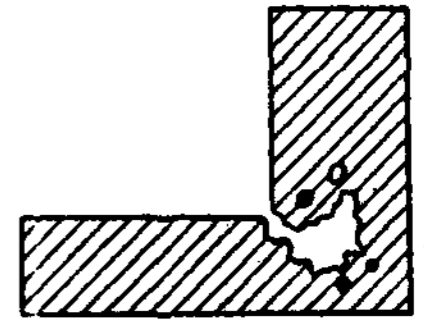
B 210 : B200형의 노출된 구멍, 때로는 주물 깊숙이 침투됨.

B 211 ... 깔때기 모양의 노출된 구멍



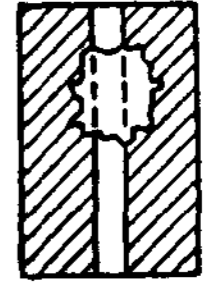
수축관

B 212 ... 두꺼운 주물의 필렛부나 탕구 계통에 나타나는 입구가 좁고 노출된 구멍



코너 또는 필렛 수축관

B 213 ... 코어와 연결되어 노출된 구멍



코어 수축관

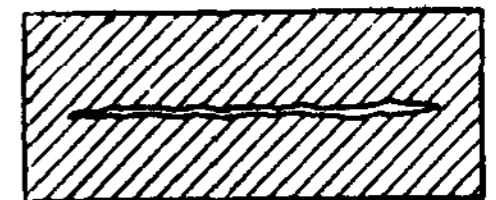
B 220 : 완전히 주물내부에 위치하는 B200형 구멍

B 221 ... 불규칙한 내부 구멍, 흔히 수지 상정이 관찰됨



수축공

B 222 ... 중심선을 따라 나타나는 내부 구멍 또는 다공질 구역

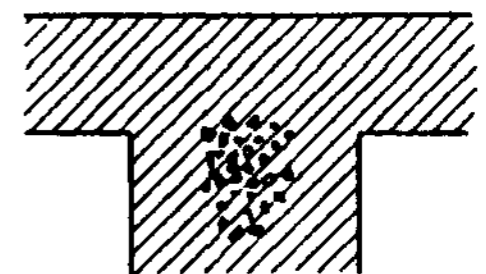


중심선 수축공

B 300 : 수 많은 작은 구멍에 의한 다공질 조직

B 310 : 눈으로 겨우 관찰되는 B300형 구멍

B 331 ... 주물벽에 분산되어 스폰지 형태를 이루는 수축공, 맨눈으로 겨우 관찰됨



수축기공, 미소 수축공

단절

C 100 : 기계적 효과에 의하여 주로 교차부에 나타나는 단절(파단)

C 110 : 전형적인 균열

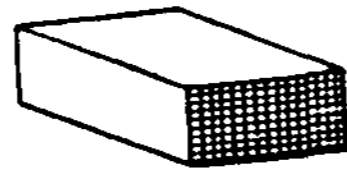
C 111 ... 전형적인 파단 형태, 때때로 갈쭈기가 나타남



파괴(냉간)

C 120 : 산화를 동반하는 균열

C 121 ... 파단면의 가장자리가 완전히 산화됨

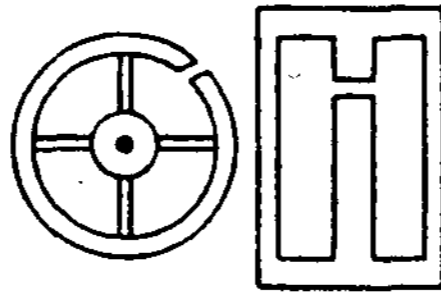


열간균열

C 200 : 내부 인장응력과 수축의 억제에 의한 단절(균열터짐)

C 210 : 냉간 균열 또는 터짐

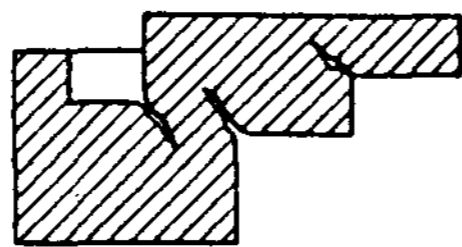
C 221 ... 냉각시 인장응력을 받는 부분에서의 절단; 절단면은 산화되지 않음



냉간 균열

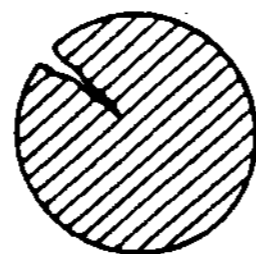
C 220 : 열간 균열 또는 터짐

C 221 ... 인장력을 받는 부분에서의 불규칙한 형태의 절단; 파면은 산화되어 있으며 수지상정 형태를 나타낸다



열간 균열

C 222 ... 응고완료후 냉각시나 열처리시의 파단

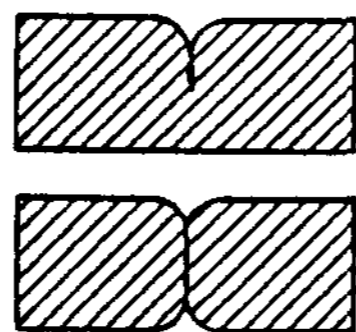


담금질 균열

C 300 : 용해 부족으로 인한 단절(탕경, 湯境)... 가장자리가 둥글고 용탕흐름간의 접촉이 좋지 않음을 나타냄

C 310 : 주입시 주형공간을 채우는 마지막 부분에서의 불충분한 용해

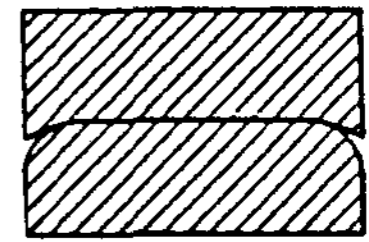
C 311 ... 주물의 전체적인 또는 부분적인 분리 흔히 수직방향으로 나타남



탕경

C 320 : 주물의 두 부분 사이의 용해 부족

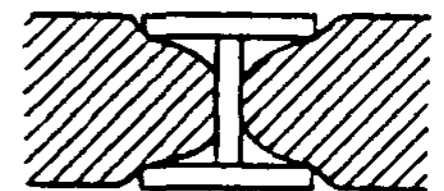
C 321 ... 주물의 수평으로의 분리



단속 주입

C 330 : 각종 내부 칠 주변의 용해 부족

C 331 ... 금속 삽입물 주변의 부분적인 단절

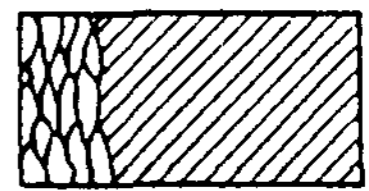


내부칠탕경, 미용해 내부칠

C 400 : 야금학적 결함에 의한 단절

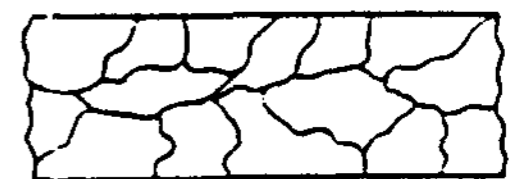
C 410 : 결정립계를 통한 분리

C 411 ... 초정의 결정립계를 따른 분리



패각형 또는 얼음사탕형 파단

C 412 ... 전체 단면에 걸친 그물형 균열



입간부식

표면결함

D 100 : 요철 표면 결함

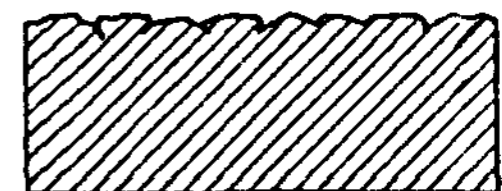
D 110 : 주물 표면상의 주름

D 111 ... 주물의 비교적 넓은 영역에 걸친 주름



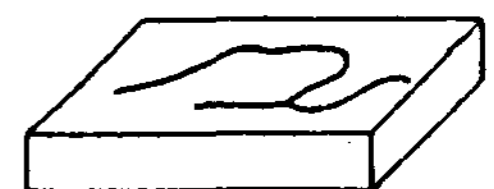
표면주름, 가스흐름

D 112 ... 들쭉날쭉한 그물모양의 주름이 있는 표면(구상흑연 주철)



상형결함, 코끼리 가죽

D 113 ... 연속적인 파형의 주름; 습곡의 가장자리는 높이가 같음, 주물표면은 평탄함



주름 또는 습곡

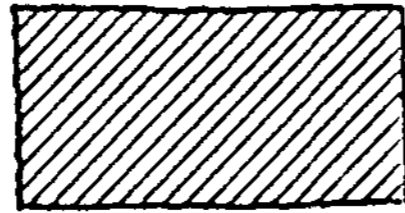
D114... 용탕의 흐름방향을 나타내는 주물표면 형태(경합금)



유동무늬

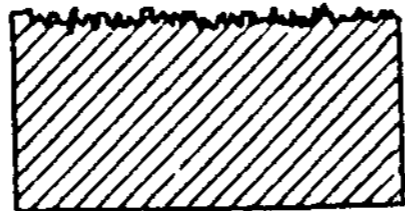
D120: 거친 표면

D121... 표면이 거친 정도가 모래 입자와 거의 비슷함



거친 표면

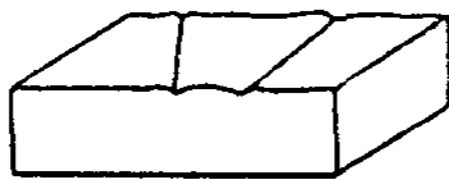
D122... 표면이 거친 정도가 모래입자보다 큼.



심하게 거친, 고압 조형 결합

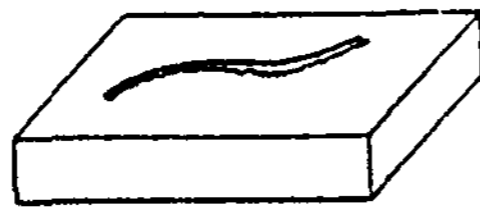
D130: 주물 표면상의 흠

D131... 다양한 길이의 흠, 때로는 가지가 있으며, 바닥과 가장자리는 완만하다



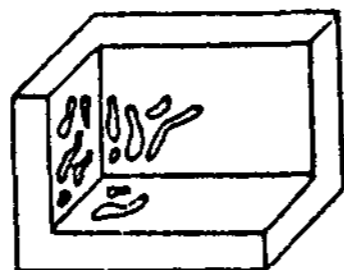
굽음(buckle)

D132... 깊이 5.1mm 이하의 흠, 한쪽 가장자리는 흠을 약간 덮음



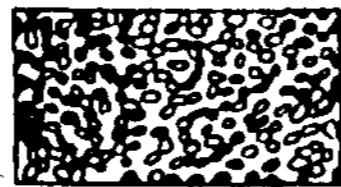
쥐꼬리(rat tail)

D133... 주물표면에 불규칙하게 분포하는 다양한 크기의 구멍, 보통 용탕의 유동방향을 따라 나타남(주강)



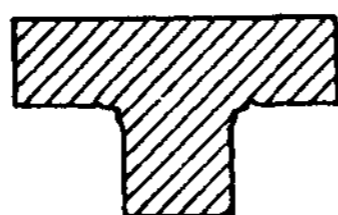
유동 무늬, 까마귀 발

D134... 주물표면 전반에 걸친 곰보 자국 오렌지 껍질



금속-주형 반응, 약어가죽

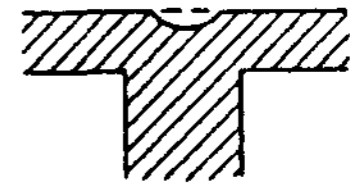
D135... 다이캐스팅 주물의 내각 주변의 흠이나 거친 표면



눌어붙음, 금형 마멸

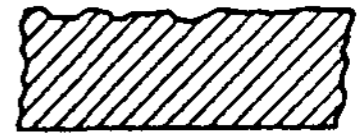
D140: 주물 표면의 함몰

D141... 열점 주변의 주물표면의 함몰



침하, 수축 또는 팽림

D142... 물방울이 떨어진 형태의 작고 얇은 흠, 보통은 회녹색

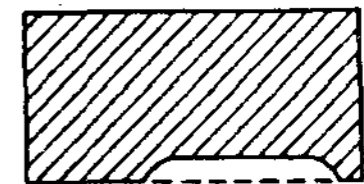


슬래그 개재물

D200: 심한 표면결함

D210: 주물 표현의 깊은 갈쭈기

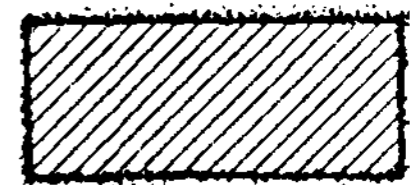
D211... 깊이 패임, 흔히 하형의 절반정도의 넓은 면적에 나타남



밀어올림, 클램프 탈락

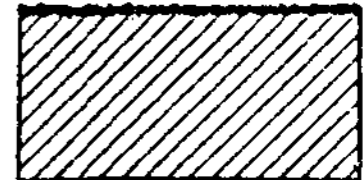
D220: 모래의 부착, 약간 유리질화됨

D221... 모래층이 주물표면에 강하게 붙어 있음



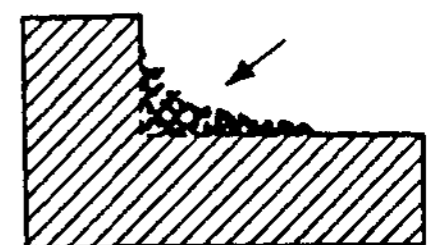
소착

D222... 부분적으로 용해된 모래의 층이 강하게 붙어 있음



소착

D223... 주물의 열점(내각과 코너)에 모래와 금속이 강하게 접촉되어 덩어리를 이루고 있음



금속침투

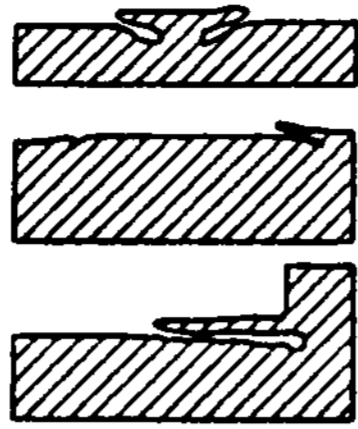
D224... 주형재료의 부스러기가 주물표면에 묻혀 들어감



도형재 탈락, 딱지(scab)

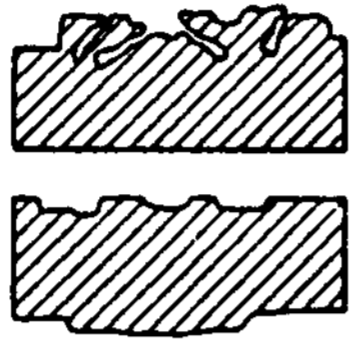
D230: 표면이 거칠고, 주물 표면에 나란한 판상의 그속 돌출부

D231... 주물표면에 나란하고 표면이 거친 판상의 금속 돌출부; 끝이나 정으로 제거 가능



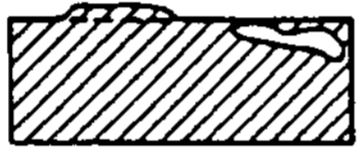
딱지, 팽창 딱지

D232... 위와 같으나 기계가공이나 그라인딩 이외에는 제거가 불가능



상형 부서짐, 뚫음 딱지, 침식 딱지

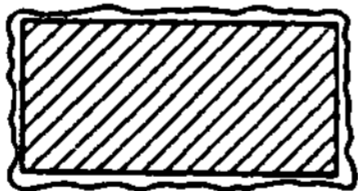
D233... 주형이나 코어가 침식되거나 마감재가 사용된 위치에 나타나는 편평한 금속 돌출부



흑연 도형 딱지, 침식 딱지

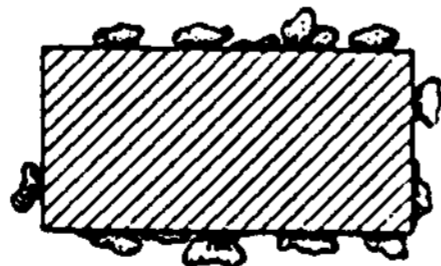
D240: 열처리(어닐링, 템퍼링, 가단화 처리)후 탈탄에 의한 산화물 부착

D241... 어닐링 후 산화물 부착



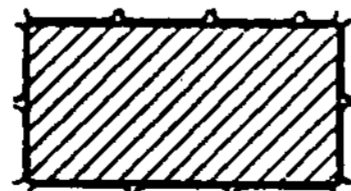
산화 스케일

D242... 가단화 처리후 철광석이 붙음(백심 가단주철)



탈탄재 부착

D243... 어닐링 후 스케일 생성



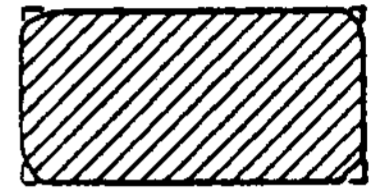
산화막 형성

불완전한 주물

E100: 주물의 부분적 결여(파단없이)

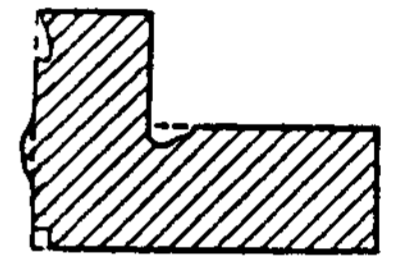
E110: 모형의 형상으로부터 초래된 외관상의 변형

E111... 약간의 둥근 가장자리가 구석 부분을 제외하고 응고



탕회(湯廻) 불량

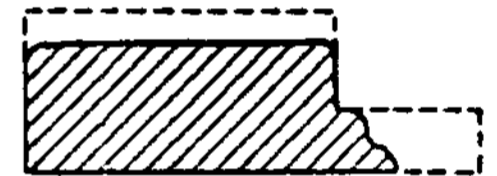
E112... 주형의 잘못된 수정이나 도장재의 부주의한 사용에 의하여 가장자리나 외곽선이 변형됨



도형불량(균열 또는 탈락) 또는 불량한 주형 수정

E120: 모형으로부터 오는 심한 변형

E121... 너무 이른 응고로 인한 불완전한 주물



탕회 불량

E122... 주탕(注湯)부족으로 인한 불완전한 주물



주탕부족

E123... 주입후 주형을 통한 금속의 손실로 인한 불완전한 주물



용탕 누출, 샘

E124... 지나친 슛 블라스팅에 의한 재료의 심한 멸실



과잉 탈사

E124... 어닐링시 부분적으로 용해되거나 심하게 변형됨

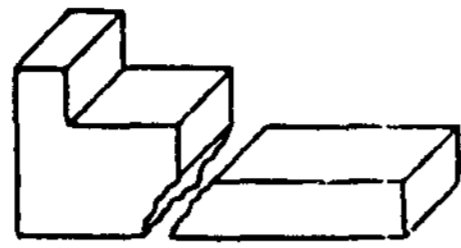


열처리시의 용해

E200: 주물의 부분적 멸실(파단에 기인)

E210: 파손된 주물

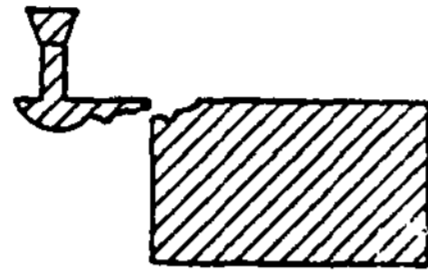
E211... 주물이 파손되어 큰 부분이 멸실됨; 파면은 산화되지 않음



파손된 주물

E220: 주물로부터 조각이 떨어져 나감

E221... 탕구, 공기배기 구멍 등에 해당하는 부분의 파단



주물의 부분탈락 (탕구, 입탕 공기빼기 구멍 등에서)

E230: 산화판단에 의한 주물의 파손

E231... 고온산화에 노출된 것을 보여주는 파괴향상

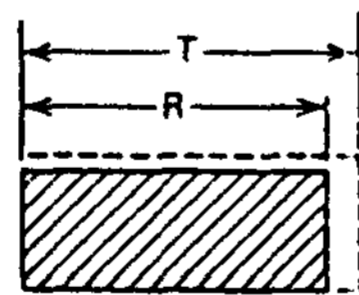
너무 이른 주형 해체

치수나 형상의 부정확

F100: 부정확한 치수; 정확한 형상

F110: 주물의 모든 치수의 부정확

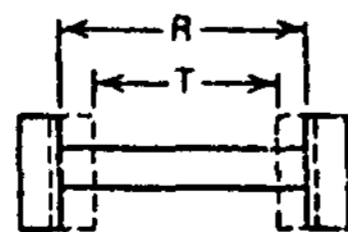
F111... 주물의 모든 치수가 같은 비율로 부정확함



부적절한 수축여유

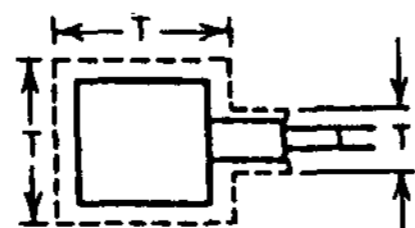
F120: 주물의 특정 치수의 부정확

F121: 돌출부 사이의 연결부의 길이가 너무 큼



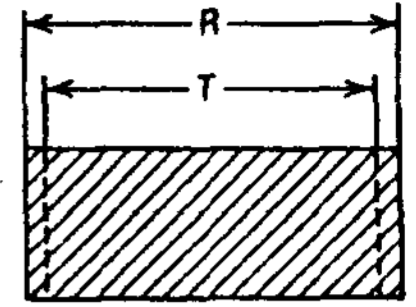
수축의 억제

F122... 몇 개 치수의 부정확



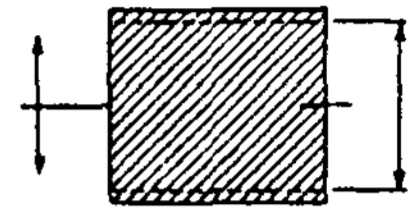
불균일 수축

F123... 모형을 빼내는 방향으로 치수가 너무 큼



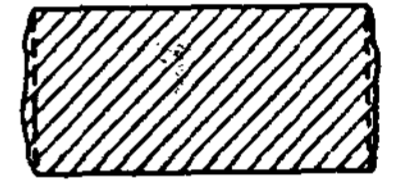
모형을 너무 두드림

F124... 분할선에 수직방향으로 치수가 너무 큼



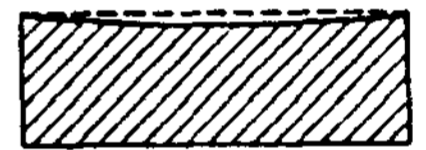
건조시의 주형팽창

F125... 주물의 외면 불특정 다지기 부족, 부위의 금속 살 두께 초과



다지기 부족, 주형벽 이동

F126... 광범위한 영역, 특히 수평면의 주물 살 두께가 얇음

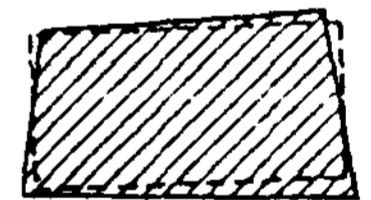


뒤틀린 주형

F200: 전반적인 또는 특정 위치에서의 주물형상 불량

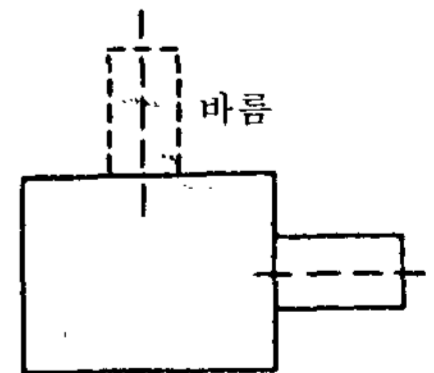
F210: 모형 부정확

F211... 주물이 몇 가지 또는 많은 점에서 도면과 다름; 모형도 마찬가지로



모형 결함

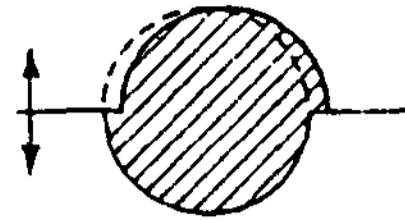
F212... 주물형상이 특정 부위에서 도면과 다름; 모형은 정확



모형조립 잘못

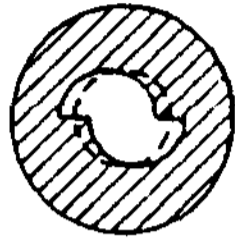
F220: 어긋남 또는 불일치

F 221... 주물이 분할면을 따라 전단변형된 것처럼 보임.



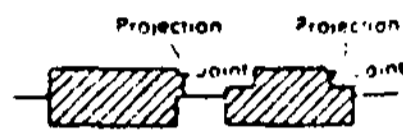
어긋남

F 222... 코어의 분할선을 따라 주물내부 공간의 형상이 변형됨



코어 어긋남

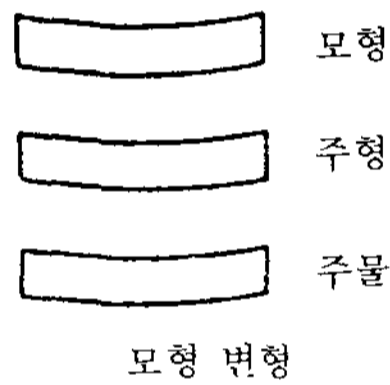
F 223... 수직면상의 불규칙한 돌출, 보통 분할선 부근의 한쪽면에 만 생김



다짐 이탈

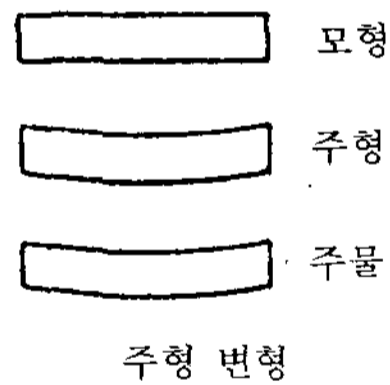
F 230 : 정확한 형상으로부터 변형

F 231... 모형, 주형, 주물이 같은 형상으로 도면에 대하여 변형됨



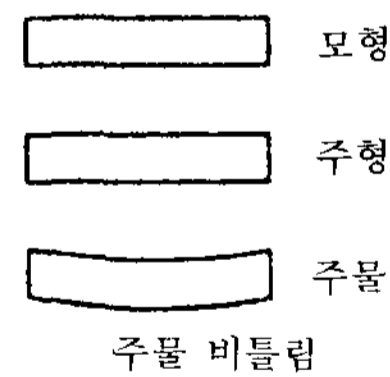
모형 변형

F 232... 모형은 도면과 일치하나 주형과 주물이 같은 양상으로 변형됨



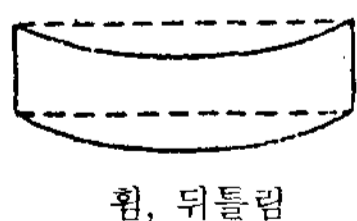
주형 변형

F 233... 주물의 변형; 모형과 주형은 정확



주물 비틀림

F 234... 보관, 어닐링, 기계가공후 주물이 변형됨



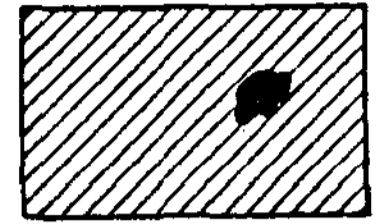
휨, 뒤틀림

개재물 또는 조직상의 이상

G 100 : 개재물

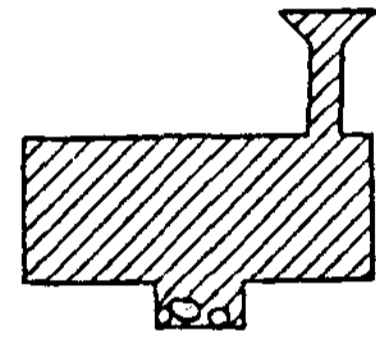
G 110 : 금속 개재물

G 111... 외관, 화학성분, 조직시험 결과, 합금을 위해 첨가한 물질로부터 기인한 것으로 보이는 금속 개재물



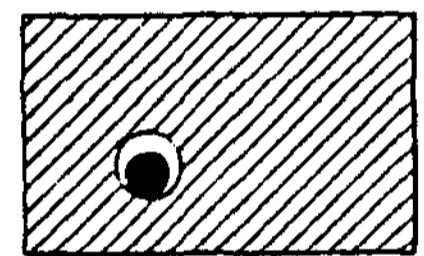
금속 개재물

G 112... 모재와 화학성분이 같은 금속 개재물; 보통 구형이고 가끔 산화물로 덮여 있음



구슬

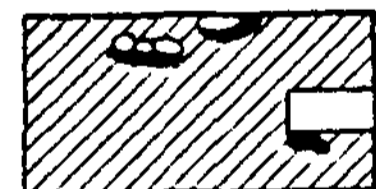
G 113... 기공이나 기타의 구멍, 표면의 함몰부내의 구형의 금속 개재물, 성분 조성은 합금과 비슷하나 공정조성에 더 가깝다



내부 팜, 인화물 팜

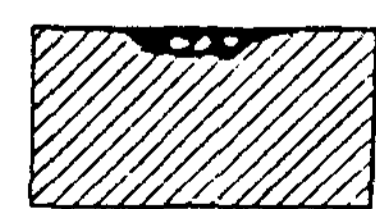
G 120 : 비금속 개재물 : 슬래그, 찌개

G 121 ... 외관이나 분석 결과 슬래그, 금속처리 부산물 또는 용제에 기인한 것으로 보이는 비금속 개재물



슬래그, 찌개 또는 용제 개재물

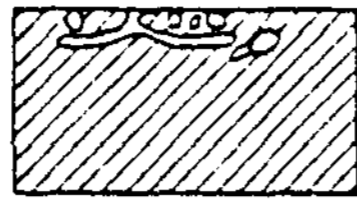
G 122(a) ... 가스를 품어 기공(B113)을 동반하는 비금속 개재물



슬래그 기공

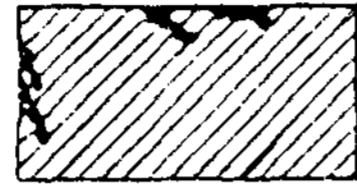
G 130 : 비금속 개재물 : 주형이나 코어 재료

G131 ... 일반적으로 주물표면에 극히 가까운 모래 개재물



모래 개재물

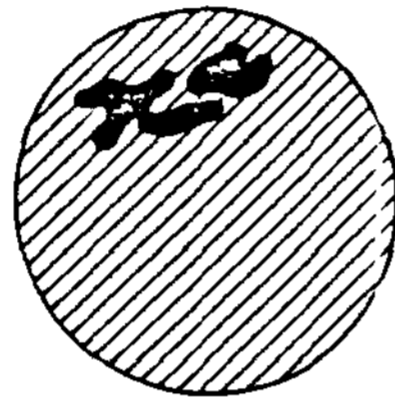
G132 ... 도형재나 마감재 개재물, 보통 주물표면에 매우 가깝다



도형재 개재물

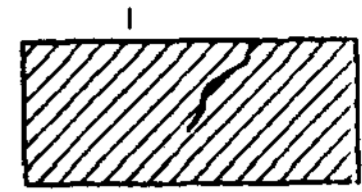
G140 : 비금속 개재물6: 산화물 및 반응 생성물

G141 ... 구상흑연 주철의 표면에 나타난, 윤곽이 뚜렷하고 불규칙한 검은 점



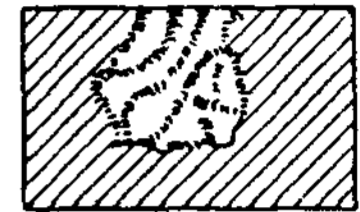
흑점

G142 ... 얇은 막 형태의 산화 개재물, 주로 국부적인 균열을 일으킴



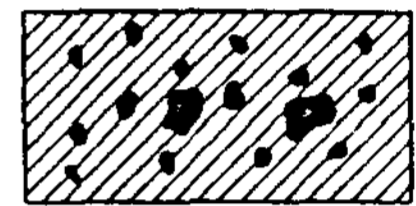
산화 개재물, 산화 틈새

G143 ... 주물벽에 형성된 주름진 흑연 필름



광택성탄소막, 키시흑연 자국

G144 ... 금형주조 또는 다이캐스팅한 Al합금내의 경한 개재물



경화점(hand spots)