

技術解説

鑄造作業에서의 Densening

崔相鎬*

1. Densening의 정의

건전한鑄造品을 얻기 위하여 오래전부터鑄造作業에 Densening과 Chilling이 이용되어 왔다.

Chilling이란 어떤鑄物의 선택된 표면에 원하는白銑의 깊이를, 열전도도가 높은 재료를鑄型의 일부분으로 이용하므로, 얻게 하는 방법이다. Chill鑄型과接觸하는 금속의 빠른 응고는 Chill의 양과 금속 조성에 따라 결정되는 Chill깊이에 따라서 흑연의 석출을 막아준다. 이耐摩耗性의白銑鑄鐵은 적당한 합금 원소를添加하므로 硬度나 靱性이變化될 수 있다.

선택된 표면에白銑을 만들고 다른 부분은 회주철을 유지시키는 것은 많은 잇점때문에 여러 공업분야에서 이용되고 있다.

Densening이란 주물의 특별한 부분에 있어서 열의 흡수 또는 熱傳導의 影響을 이용하여 金屬凝固를 빠르게 해주는 것을 말하며 白銑鑄鐵의 경우처럼 硬度가 크고 脆性(Brittleness)이 있는 금속을 만들지 않는 점에서 Chilling과 다르다. Densener의 응용으로 漸進的인 金屬凝固의 順序를 만들 수 있고 凝固에서 생기는 收縮을 적당하게 배치된 押湯으로 보완할 수 있다. 따라서 주물내부의 Porosity를 제거해주므로 Density(密度)를 증가시켜 준다. 금속자체의 影響이건鑄型의 영향이건간에 금속에 있어서 Density(密度)를 증가시키는 것은 금속의 일반성질을 改善해 준다는 것을 의미해 준다.

2. Densener의 種類

2.1. 주철제 單型 Densener

중형 또는 대형鑄物의 다양성 있는 요구에 맞도록 여러 형태의 Densener가 Fig.1과 같은 모양으로 제작되어 사용되고 있다.

2.2. 輪片狀 Densener의 集合型

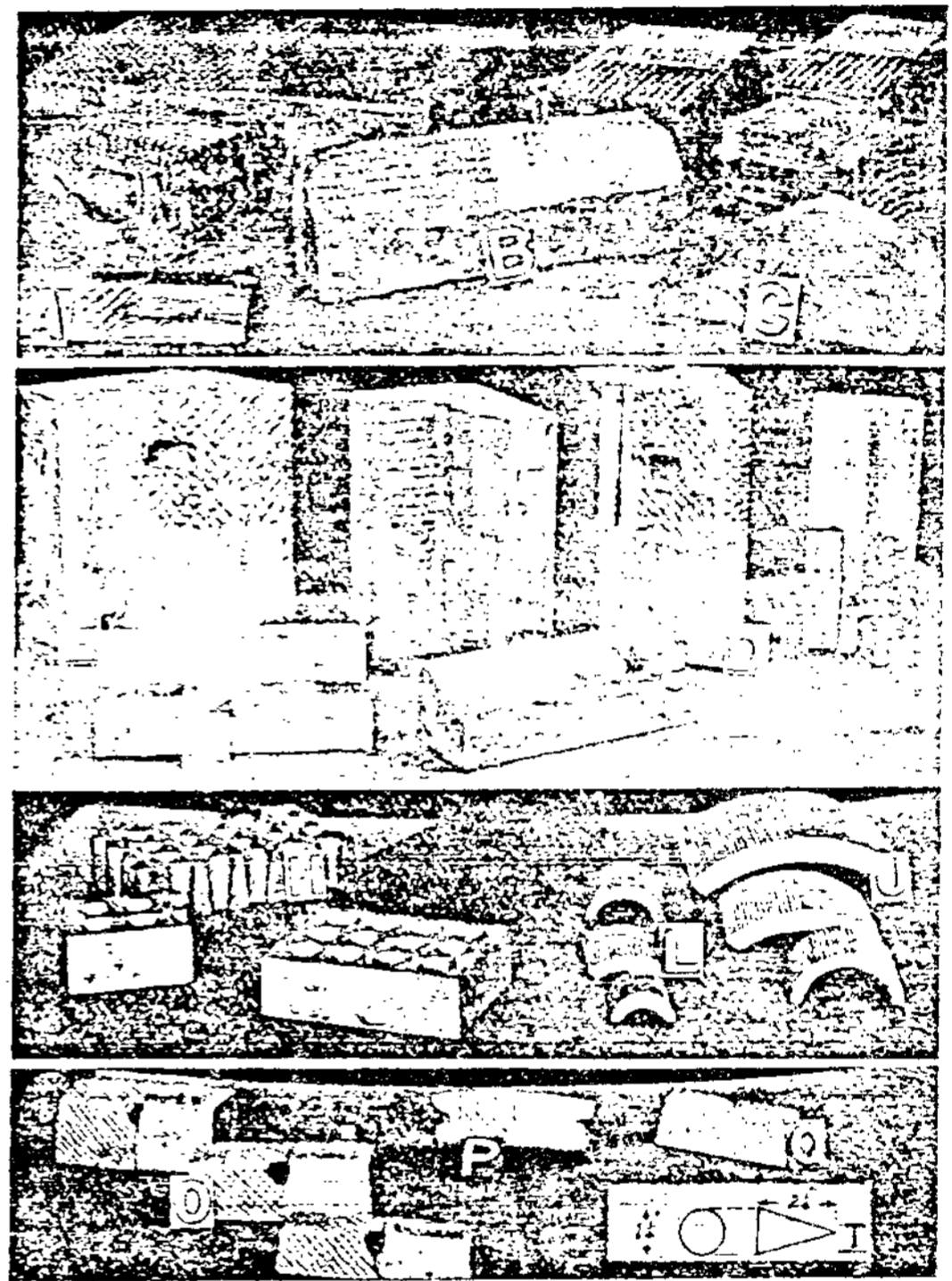


Fig. 1. 여러가지 형태의 單型 Densener

Fig.2는 주물의 어느 한면의 냉각속도를 빠르게 해주는 역할을 하는 셋 또는 네개의 비교적 대형인, 주철제 輪片으로 구성된 metal core densener를 나타내고 있다. F는 輪片이고 C는 輪片을 분리하는 내화물이다. E는 wire로 하나의 輪片을 고정시킬 수 있도록 여유를 주는 홈이며, 빈 공간은 moist sand로 채우게 된다. G는鑄物 끝 부분의 Chilling을 막아白銑을 만들지 않도록 Densener의 끝에鑄物砂를 채운다. Densener 사이의 재료로서 추천되고 있는耐火物은 흑연 또는 1.5%의 bentonite와 물로 결합시키는 mineral blacking 또는 같은 양의 silica sand와 zircon sand를 2%의 bentonite와 물로 혼합시킨 물질이 보

* 東洋工業專門大學 教授

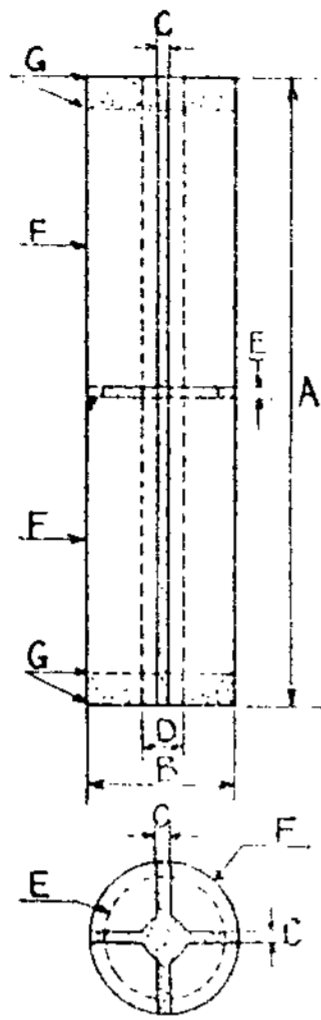


Fig. 2. 輪片狀 Densener 의 集合型

통이다.

2.3. 薄片 Densener 를 사용한 core

Fig.3 은 중심부분 C와 끝의 G에 鑄物砂를 채운 鑄鐵製 또는 鋼鐵製 薄片 D로 만들어진 실린더형 core를 나타낸다. B와 C의 차이는 薄片 D의 두께를 표시하며 鑄物의 크기와 무게 그리고 원하는 Densening의 정도에 맞도록 만든다. 薄片E와 E사이의 공간은 내화물 충전을 위하여 필요하다. D₁은 D에 붙여서 中央에 있는 鑄物砂C가 안전하도록 준비된 wrought iron (연철)을 가리킨다. 薄片 D₂는 맨먼저 안쪽으로 제거될 수 있도록 고안되어야 한다. 완전히 조립된 core의 면은 얇은 층의 내화물질로 피복되어야 한다.

2.4. 耐火物로 被覆된 Densener

Fig.4 는 鑄込熔金의 順次的인 응고가 어려운 주물 단면에 있는 round hole에 적용하는 耐火物로 被覆된 Densener를 설명해준다. 이 Densener는 주철, 강철 또는 구리의 core D로 구성되어 있고 그 주위에 연강의 wire J로 둘러 쌓여있다. 연강 wire의 gaps은 적당한 耐火物로 채워진다. 耐火物의 被覆 두께M은 작은 core에서는 1/64 인치 정도이며 큰 core에서는 1/16 인치 정도이다. F₁과 F₂는 J와 K의 耐火物 부분의 발생 개스를 뽑아내 주는 배기공의 부분이다. Keyhole G는 주물에서 Densener를 제거하기 시작하도록 준비된다. 고품질의 耐火物 K 부분과 E의 표면에 被覆되어야 하며 일반 鑄鐵에서는

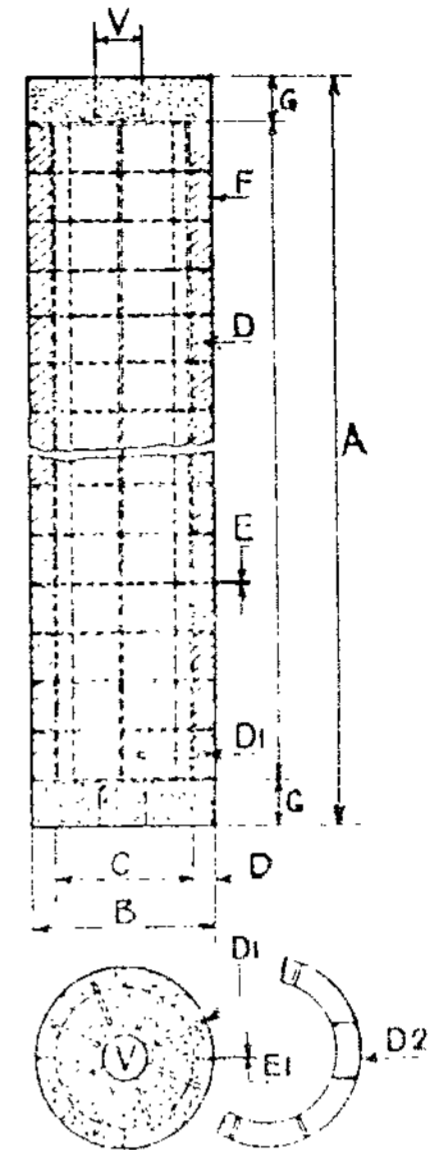


Fig. 3. 薄片 densener 를 사용한 core

1.5의 bentonite와 물로 반죽을 만든 흑연 또는 mineral blacking이 사용된다. 특히 중요한 것은 개스를 적게 발생하는 耐火物質을 선택하는 것이며 발생한 개스를 쉽게 제거할 수 있는 방안을 강구하는 것이다.

2.5. 鑄物砂 皮覆 Densener

Fig.5 는 鑄物砂로 被覆한 Densener를 나타내는

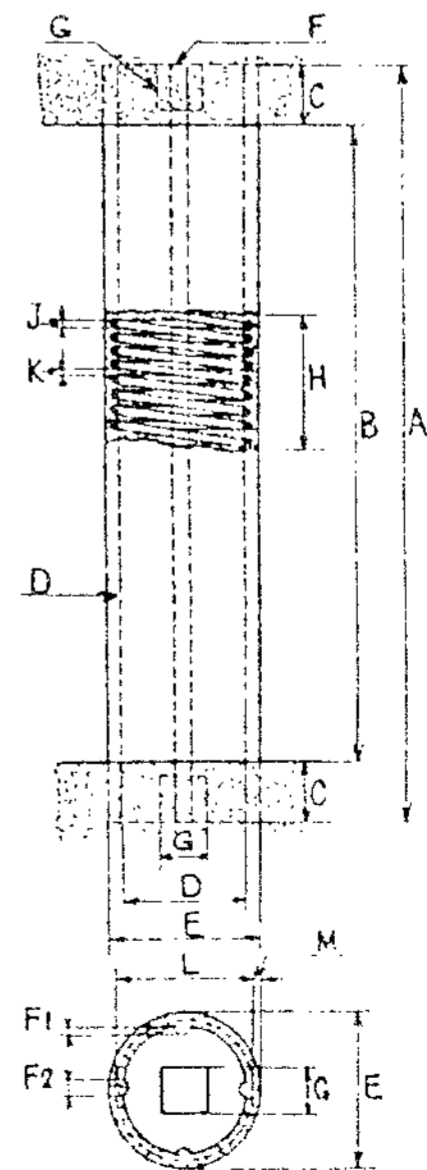


Fig. 4. 耐火物로 被覆된 Densener

스케치이며 그 기능은 앞의 것들과 같으나 그 영향이

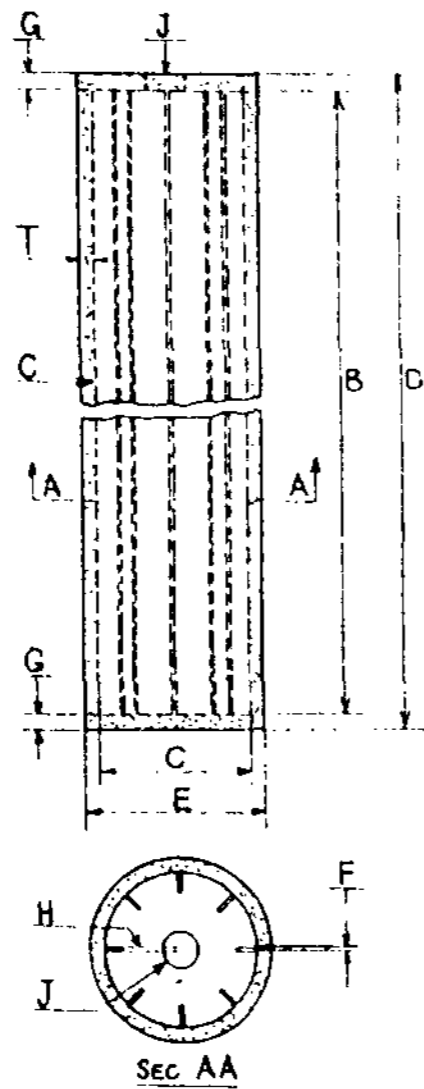


Fig. 5. 鑄物砂被覆 Densener

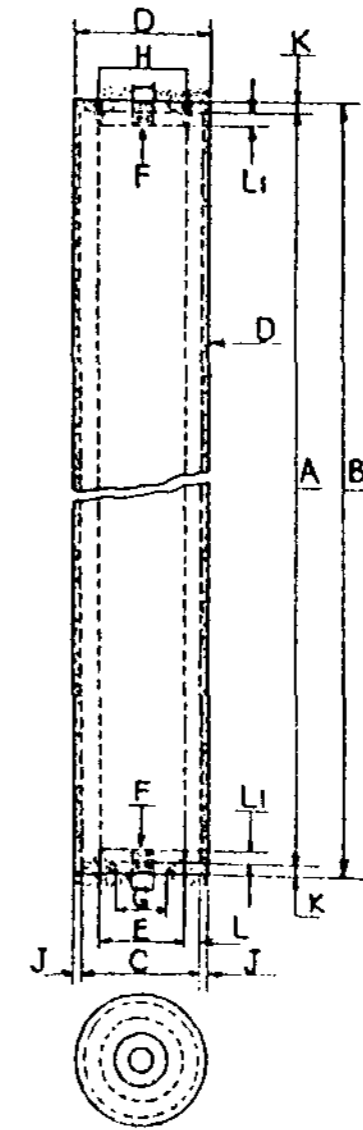


Fig. 6. 水冷式 Densening core

더 약하다. 주철 또는 강철 core C의 직경은 내화물질을 피복하는 T와 G를 포함하여 완성된 core의 최종 길이 D와 직경E에 의하여 결정된다. 被覆材로부터 나오는 개스의 배기공은 中央 배기공 J와 연결된 가늘고 긴 F와 H에 의하여 준비된다. 必要한 Densening의 정도에 따라서 결정되는 두께 T와 G의 주위에는 고품질의 耐火性 鑄物砂 또는 眞土(loam) 등이 사용된다. 금속 core인 CB는 鑄物砂被覆의 깊이 증가에 따라 densening 효과가 감소된다. 耐火被覆 두께 T는 3/16 인치 보다 작아서는 안되며 5/8 인치 보다 작아야 한다.

2.6. 水冷式 Densening Core

Fig.6은 주물 내부의 구멍표면에 白銑을 형성케 하고자 할 때, 또는 금속이 응고되기 전에 core 금속이 갑자기 팽창하는 것으로 인한 긴 core의 비틀림을 막기 위하여 강력한 densening의 효과를 얻고자 할 때에 이용되는 水冷式 Densening core를 나타낸다. core는 耐火被覆한 연강관으로 되어 있거나 주방상태의 주철관을 사용하고 있다. F에서 급수관과 연결되어 core로 기능을 수행하는 水冷管은 길이A, 직경C, L₁에서 용접되어 있는 관의 단면L로 구성되어 있다. J와 K는 耐火被覆部分을 가리킨다.

2.7. 組立鑄型 Densener

Fig.7은 공작기계의 베트에 있는 활주면과 데이

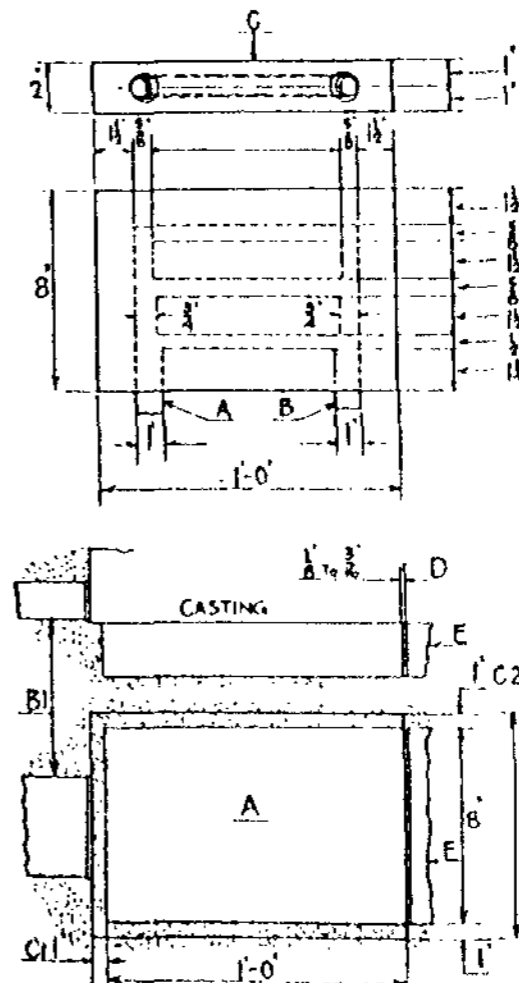


Fig. 7. 組立鑄型 Densener

블 같은 주물의 두꺼운 부분에 한면을 만들어서 주형면에 사용하는 주철제 固體型 Densener를 설명하고 있다. 가끔 Densener가 사용된 부분을 통하여 주형내에 용탕을 통과시켜야만 할 때가 필요하다. 예로써 Fig.7의 B₁에 중형 공작기계 활주면과 Ingate (堰)가 연결되어 있다. 많은 양의 용탕이 Densener를 스쳐지나 가면 Densener의 표면에 있는 耐火被覆材가 과열되어 연화된다. 이것은 결과적으로 Densener의 금속으로부터 발생하는 기포 때문에 주물에 결함을 만들어 준다. 이를 막기 위하여 충분한 내화물을 被覆시키는 것이 좋다. Densener의 단면은

주물의 경도와 결정 입도크기에 중대한 영향을 미친다. 탕구와 ingate(堰)의 입구나 주물의 重量點에서는 용탕으로부터 발생하는 열량을 흡수할 수 있도록 Densener의 질량을 증가시킬 필요가 있다. 그림의 D에 표시된 부분은 鑄物砂로 채워지는 것이 보통인데 이것은 가열될 때 Densener A와 E가 팽창할 수 있는 여유를 제공해 준다.

3. Densener의 사용 “例”

3.1. Gear wheel, Pulley 등의 Boss 나 Hub

Fig.8에서의 A, B, C는 Pulley나 Gear wheel의 Boss 중심에 Densener를 이용한 예를 보여준다. 收縮缺陷을 완전히 제거해 주는 Densener의 효과는 깊이에 따른 Boss의 직경 감축을 막아 준다. 이 효과

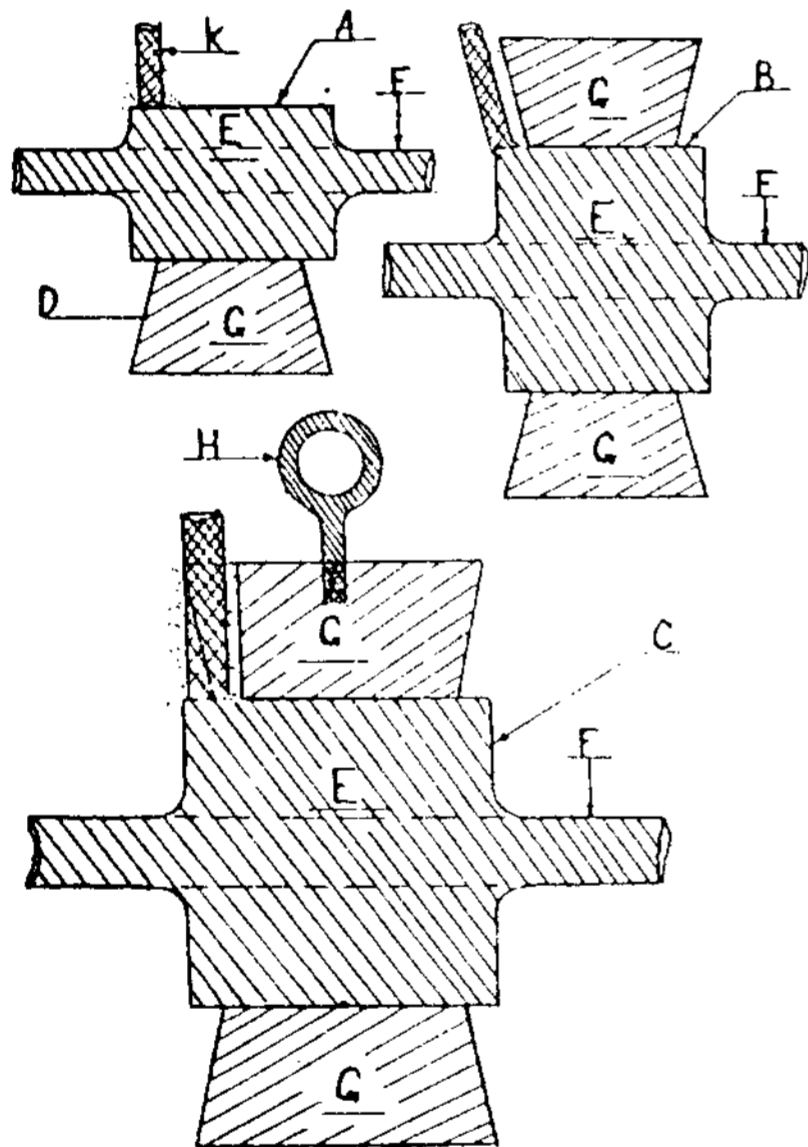


Fig. 8. Gear, Pulley 등에 응용한 Densener

과는 직경이 작은 Boss일수록 줄어든다. 얇은 Boss인 경우는 D에 나타난 것처럼 Boss 바닥 면에 Densener 하나만 사용해도 좋다. 그림의 K에 보여주는 것처럼 모든 경우에 개스 제거용 押湯을 Boss의 상부면 옆쪽에 만들 필요가 있다. 이것은 Boss 하부면에 하나의 Densener를 사용할 때에도 또한 같다. 즉 Boss의 中央部에 작은 押湯을 설치해서는 안된다는 것이다. 그리하여 주물의 가장 취약부분에 있어서 Hot spot (過熱部)를 피할 수 있다. Fig.8의 각 부 명칭은 다음과 같다.

E ; 鑄物의 Boss

- F ; 鑄物面
- G ; Boss 면에 설치한 Densener
- H ; Densener의 무게가 그것을 지지할 수 있는 모래의 강도를 초과할 때에 필요한 Securing eye.
- K ; 개스 제거용 소형 Riser

3.2. 분리되어 있는 Boss와 Lug

Boss, Lug 등 鑄物의 重厚斷面은 멀리 떨어져 있어서 용탕 收縮에 대한 적당한 보상을 주조방안을 설계할 때에 고려하여야 한다. Fig.9의 (b)는 p의 얇은 板型面이 달린 Boss B를 갖는 鑄物을 보여 주는데, 이것은 여러 실제 예에서도 順次的인 응고가 어렵다는 것을 경험해 왔다. 鑄物에 있어서 局部的인 두꺼운斷

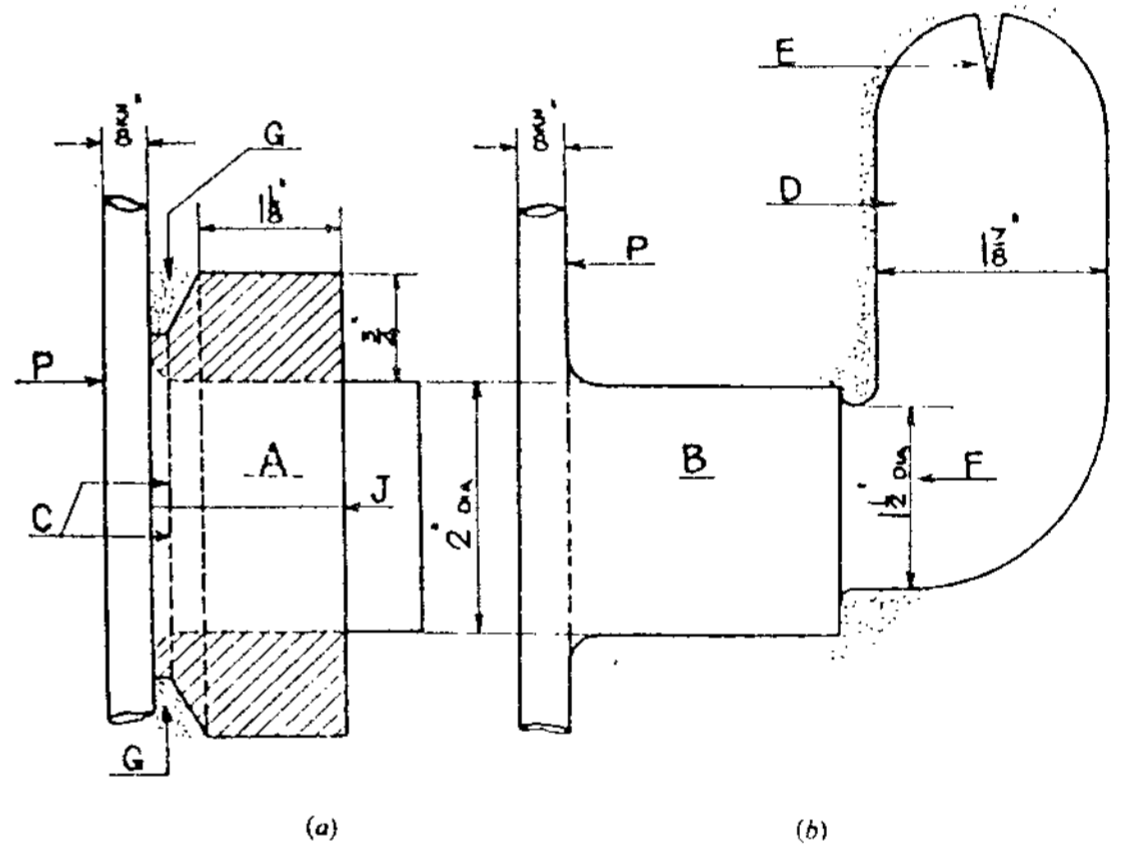


Fig. 9. 분리되어 있는 Boss

면이 本體의 바깥 쪽에 위치할 때에는 외부 중력이나, 그림의 D에 보여주는 것과 같은 押湯을 이용할 수도 있다. E는 押湯의 기능을 완벽하게 수행할 수 있도록 외부 押力을 허용해 주는 Hot spot의 형성을 말해 준다. 押湯의 직경 D는 F에서 Boss의 75%보다 작지 않도록 한다. 위에 기술한 押湯의 도입으로 고체상태의 수축에 따른 해를 증가시켜 특히 Boss와 plate p와의 연결부 주위에 균열을 가져 올지도 모른다. 이러한 위점은 押湯의 목 부분에 주입용 washer core를 도입하므로 줄일 수 있을 것이다. Fig.9의 (a)는 (b)에 관하여 기술한 결점을 피하기 위하여 이용되는 Densener를 보여주고 있다.

- P ; 鑄物面
- A ; 비교적 두꺼운 Boss
- C ; J線위에 있는 Densener片
- G ; 鑄物砂 pocket

鑄物砂 pocket G는 P면의 과도한 Chilling 을 막아 주지만 Boss를 Densening 하는 효과는 적당하다. 다음 그림의 Fig.10(c)에 표시된 것처럼 Boss가 짧으면 J 또는 K의 면에 쓰는 Densener E는 Boss에서 발생되기 쉬운 결점들을 제거하는데 효과적일 것이다. Densener의 직경은 Boss C의 크기보다 1/2인치 정도 작아야 됨을 주목할 필요가 있다. 그러므로 L부분의 Chilling 형성을 피할 수 있게 된다.

3.3. 内部融着 Densener

外部用 Densener 대신 内部融着用 금속을 Fig.10의 (a)와 (b)처럼 사용할 수 있다. Fig.10의 (a)는 연강코일 D가 P면에 붙어 있는 Boss A의 단면에 주조되어 있는 것을 보여준다. (b)는 연강봉 E가 Boss B의 中央에 있고 G에 연결되어 있음을 보여준다. 보통 내부 融着用 연강은 주석 또는 구리로 도금된 것을 사용하는데 그렇지 않는 경우는 표면의 이

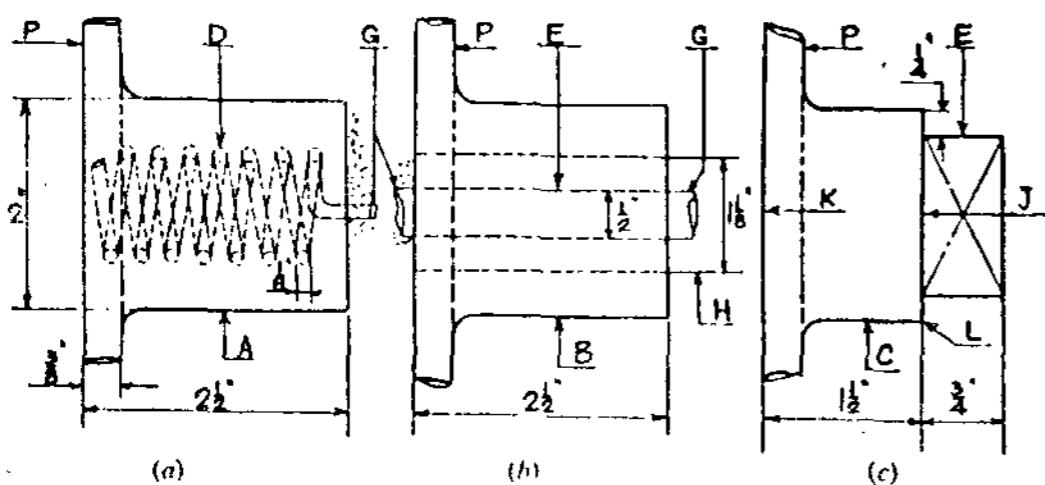


Fig. 10. 분리되어 있는 Boss에서의 내부용 작용 Densener

물질을 그라인더로 갈아내어야 한다. 깨끗한 연강봉이 이용되며 이 경우 기계유로 도포하는 것이 좋다. 내부 融着用 Densener는 Fig.10. (b)의 점선 H에 표시된 것과 같이 drilling 또는 boring 작업을 통해서 제거되도록 크기와 위치를 정한다.

Fig.11의 (a)는 Hub, Gear wheel이나 pulley의 Boss에서 처럼 중형 또는 대형 주물에서의 비교적 重형인 内部 Densener를 설명하고 있다. 각부분은 아래와 같다.

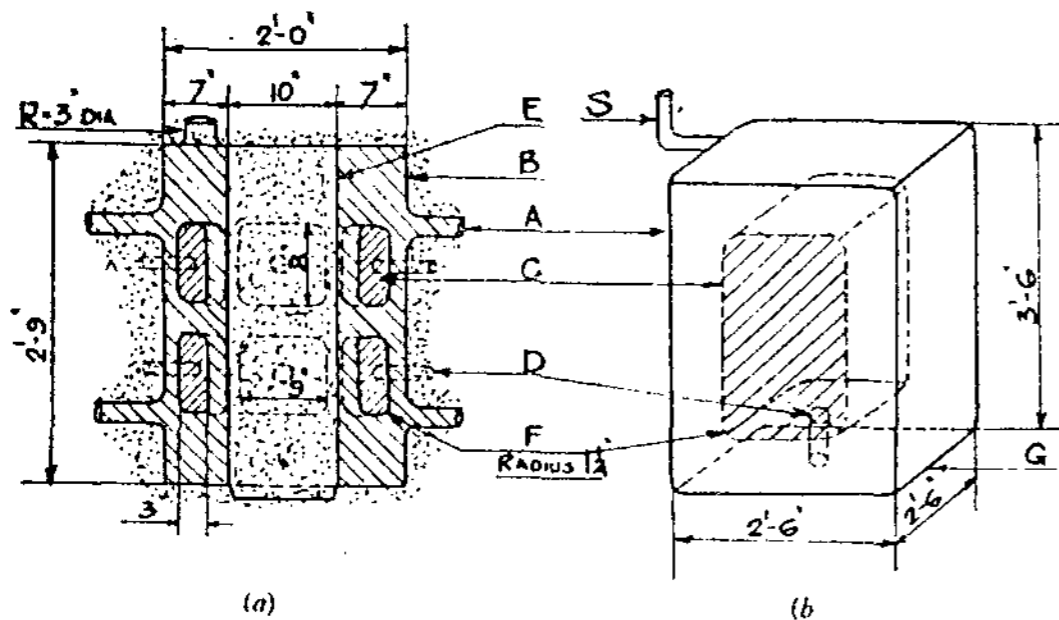


Fig. 11. 内部融着用 Densener

- A ; Hub B에 연결된 주물의 단면
- B ; Hub
- C ; 볼트D로 코아에 연결된 9' x 8' x 3' 크기의 Densener
- D ; 바깥 core에 Densener를 연결하는 볼트
- E ; 중심부 core
- F ; 1 1/4인치 반경의 라운드

여기서 Densener C의 반경 F의 의미를 강조하고 싶다. 重형鑄物の Densener 이용에 있어 가장 큰결함은 온도의 급작스런 상승으로 주물 주위의 금속을 연화시키거나 국부적으로 용해시키므로, Densener에 의하여 발생된 개스 때문에 氣孔을 발생하는 결과를 가져오는 것이다. 침단인 F가 과열을 받을 수 있는 가장 취약한 부분이다. 따라서 그림에서 처럼 F의 라운드가 필요하다. 또한 개스나 저온의 용금으로부터 Boss의 상부면을 보호하기 위하여 Fig.11(a)의 R로 표시된 부분에 押湯을 설치할 필요가 있다. 이와 같이 Densener를 사용하면 중심부 구멍E와 Hub B의 면에 자주 나타나는 내부 수축결함을 제거해 주기 때문에 더 강력한 주물을 얻을 수 있다. Densener와 Hub 주위에 있는 금속은 조밀한 입자 구조를 나타낼 것이므로 결과적으로 결점부분에 있어서 내부 Densener를 사용하지 않는 주물보다 더 강력한 주물을 얻을 수 있다.

Fig.11(b)는 평형 유지용 무게 추로 사용되는 대형 block을 표시한 것이다.

- A ; 주 물
- C ; 내부용 Densener
- D ; 움직이지 않도록 고정하는 볼트와 스테드 (stud)
- S ; 押 湯
- F ; 금속 응고전에 과열되는 것을 막기위한 1 3/4인치의 반경 라운드
- G ; 2ft x 1ft.4in x 1ft.4in 크기의 Densener에 충돌하지 않고 주형에 주입시킬 수 있도록 위치시킨 6인치 x 2인치 크기의 ingate

3.4 自體 Densening 鑄物

Fig.12는 박판의 단면A의 면에 Boss나 Lug등이 있는 전형적인 주물의 일부를 표시하는 그림이다. 응고 수축으로 움푹 들어간 결함을 경험하는 곳은 주로 Boss S나 Lug의 상부면에서 볼 수 있다. 가끔 S₁의 부분에서 확연하게 발견된다. 이러한 결함은 주형과 금속의 함유 개스등의 복합적 원인과 특히 주형개스 또는 수증기에 의한 결과이다. B부분의 금속은 얇

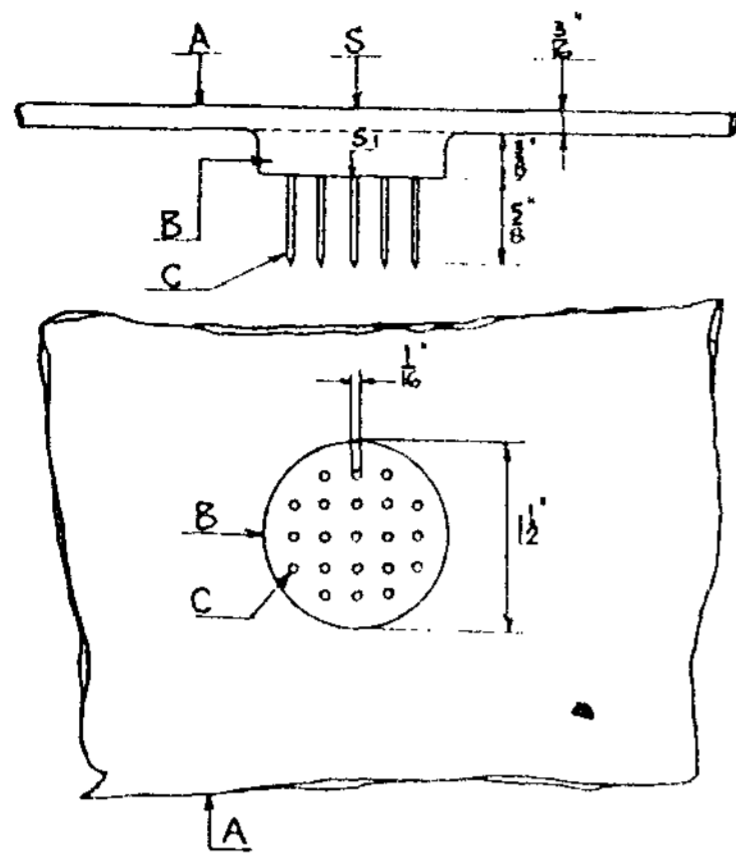


Fig. 12. 自體 Densening 방법

은 단면의 금속이 응고한 약간 후에 응고하기 때문에 그곳에 과열점(hot spot)이 생긴다. 만일 B부분의 주형으로부터 나오는 개스가 높은 습수량 또는 낮은 통기도로 인하여 과도하게 발생할 때 개스는 B부분에서 빠져나갈 수 없게되며 개스나 수증기의 압력으로부터 역눌림을 피할 수 없게 된다. 그림 11의 C에 보인 것처럼 여러개의 주철 침(針)을 도입함으로써 대부분의 경우 결함을 제거할 수 있다. C의 침부분은 주형의 B면 하부에 간단히 wire를 찢어넣음으로 만들어진다. 용융

금속은 신속하게 針孔을 채우고 즉시 응고하여 열을 흡수함으로써 densener의 기능을 수행한다. 그러므로 주형벽으로부터 나오는 개스의 영향으로 생기는 과열점(hot spot)의 발생 가능성을 줄여준다.

4. 맺는 말

이제까지 Chilling과 Densening의 분명한 차이를 소개한 문헌이 적었고 특히 그 이용의 구체적인 예를 보고한 것은 더욱 적었다. 그러나 건전한 鑄物을 만들려는 노력은 꾸준히 계속되어 최근에는 아무리 복잡하고 어려운 형태의 주물도 Densening을 적용하므로 성공적으로 건전주물을 만들 수 있게 되었다. 지금까지는 鑄鐵鑄物에 대하여 간단한 적용예를 보였는데 다음 호에 비철 주물에 적용되는 Densening을 소개할 예정이다.

< 참고 문헌 >

1. Edward Longden ; Densening & Chilling in Foundry work
2. Metals handbook, 8th edition, ASM, Vol. 5.
3. 李鍾南, 姜春植, 崔昌鈺 ; 鑄物用語辭典

“주조”誌 投稿案内

주조誌의 原稿를 아래와 같이 募集하오니 많이 投稿하여 주심을 바랍니다.

種 類 : 研究論文, 技術資料, 技術報告, 現場技術, 現況, 抄錄, 業界短信

內 譯 : 1) 投稿內容은 다른 學會誌 또는 文獻에 發表되지 않은 것이어야 합니다.

2) 技術資料 現場技術에는 鑄物工業 및 그 應用技術에 대한 研究集錄, 講座 등 資料가 包含됩니다.

3) 業界短信은 鑄物人에게 알려드리고 싶은 기사입니다.

期 日 : 學會誌 發刊은 2月, 5月, 8月, 11月 末일에 出刊될 豫定이며 研究論文은 出刊 50日前 其他 原稿는 40日前에 當學會 事務局에 送付하여 주시기 바랍니다.

送付處 : 서울特別市 龍山區 동부 이촌동 300-15

韓 國 鑄 造 工 學 會

Tel 974-9770