Journal of the Korean Ceramic Society
Vol. 34, No. 5 pp.544~551, 1997.

〈단 신〉

감압조형시 흑연첨가 및 주입온도가 피복상태에 미치는 영향

조 성 준
배재대학교 신소재공학부
(1996년 12월 9일 접수)

The Effect of Graphite Addition and Pouring Temperature on the Coating State in Vaccum Process

Sung-Jun Cho
Div. of New Matrls. Eng., Pai Chai Univ.
(Received December 9, 1996)

요 약

주형사 및 피복제의 용이한 분리를 위해 다양한 주입온도하에서 2%, 3%, 4% 및 6%의 첨가제(인상흑연)를 추가하여 피복성능을 개선시켜 주고자 하였다. 실험결과 도형제에 인상흑연을 2%와 3%침가하였을 경우 낮은 주입온도 영역하에서는 대체적으로 소착현상이 발생하지 않았으나, 주입온도가 올라 감에 따라 소착현상 역시 점점 증가하였다. 반면에 인상흑연을 4%와 6%를 첨가한 경우에는 전체 주입온도영역에 걸쳐 소착현상이 거의 일어나지 않았다. 이러한 결과로부터 적절한 주입온도와 적당량의 첨가재를 사용함으로써 도형성능을 개선해 줄 수 있음이 확인되었으며, 소착발생을 방지하기 위한 가장 적절한 첨가제의 양으로는 4-6%, 주입온도로는 1400℃±5℃가 됨을 알 수 있었다.

ABSTRACT

We tried to improve the coating capability of the coating material using an additive(hexagonal cystalline graphite) of 2%, 3%, 4% and 6% under various pouring temperature for the easy isolation of sand and coating material from the final product. As a result in case of using a 2% and 3% additive generally no burning state has been occurred under the low pouring temperature, but it has been gradually increased with the pouring temperature. On the other hand in case of using a 4% and 6% additive there has been no burning state through out the whole pouring temperature. From this result we could see that the best state of the final product without sand and coating material could generally be obtained if 4% and/or 6% of the crystalline graphite and the pouring temperature of 1400℃±5℃ would be used.

Key words : Coating capability, Hexagonal crystalline graphite, Poruing temperature, Sand, Coating material

1. 서 론

Piano frame은 악기의 부품으로서 좋은 음을 낼 수 있는 성질뿐만 아니라, 기계적 강도를 지니는 기계주물이면서, 미술주물과 같은 화려한 외관을 갖추어야 하는 특별한 주철제품이라 할 수 있다. 따라서, 주조공정에 의해 최종적으로 얻어지는 주조물(frame)에 주형사 및 피복제가 완전히 제거되지 않고 소착(burning)된 제품이 얻어질 경우 제품의 질이 상당히 떨어지기 때문에, 이러한 소착상태를 완전히 제거시켜 주거나 최소화시켜 주는 공정은 대단히 중요하다 하겠다.

종래의 주조공정, 즉 조형법(Moulding Process)에서는 주형사에 점결제를 사용하여 주형(sand mould)의 형상을 만들었으나, 이러한 방법을 이용할 경우 사용된 주형사를 완전히 회수하여 재사용하기가 힘들고, 모래를 혼련해 주어야 하기 때문에 생산비용을 낮추기가 힘들며, 또한 주조공장으로부터 발생하는 각종의 공해를 방지하기가 그리 쉽지 않는 등의 여러가지 단점이 많다. 이러한 단점을 보완하기 위해 감압조형법(Vaccum Process 또는 V-Process)[1-3]이라는 신기술이 개발되었다. 이 감압조형법에서는 수분, 점결제 등을 포함하지 않는 주형사가 사용되며, 주형의 형상은 감압에 의해 유지

된다, 즉 압력을 낮추어 줌으로써 주형사를 직접 밀착시켜 주형을 만들어 주게 된다. 압력을 낮추어 주기 위해서는 주형사입자사이의 공기를 제거하여 진공상태로 해준다. 이와 같이 진공상태를 만들어 주는 동안에 외부로부터 주형공간으로 공기가 흡입되지 않도록 하기 위해 모형위에 플라스틱 필름을 부착시켜 준다.[4-6] 그런데, 공기의 침입을 막아 주기 위해 부착시켜 주는 이러한 플라스틱 필름이 용탕(molten mould iron)의 열에 의해 용탕이 완전히 채워지기도 전에 미리 소실되면 주형의 밀폐가 잘 이루어지지 않기 때문에 감압도가 떨어지게 되어, 결국에 가서는 주형이 붕괴하는 위험이 발생하게 된다. 이러한 단점을 보완해 주기 위해 플라스틱 필름위에 피복제를 추가적으로 가해 주게 되는데, 이 경우 피복제는 필름이 소실되더라도 필름을 대신해서 주형면을 밀폐시켜 주기 때문에 외부로부터의 공기의 유입을 차단시켜 주게 되고, 따라서 이로 인해 감압도가 떨어지는 것을 방지해 줄 수 있어 주형이 붕괴되는 현상을 막아주게 된다.[5,6]

이와 같이 감압조형기술가운데 피복공정은 상당히 중요한 공정이라 할 수 있다. 따라서 피복공정에 사용되는 피복제의 질에 따라 피복의 상태, 더 나아가서는 최종 주조물의 상태를 좌우하게 된다. 그런데, 현재 국내에서 사용되는 피복제의 경우 품질이 좋지 않기 때문에 최종적으로 얻어지는 주조물에 주형사가 완전히 분리되지 않고 그대로 남아 있는 경우가 아주 빈번히 발생함은 물론, 이러한 문제를 해결하기 위한 다른 국산 도형제를 구하기 또한 그다지 용이하지 않기 때문에 이에 대한 대응책이 절실히 요구되어지는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 주형사 및 피복제의 용이한 분리를 위해 다양한 온도하에서 피복제에 첨가제를 추가하여 피복성능을 개선시켜 주고자 하였다.

2. 실험방법

실험에 사용된 피복제로는 대호산업(주)에서 생산된 제품을 택하였으며, 피복제의 조성은 Table 1과 같다. 또 첨가제로는 영진실업(주) 제품인 인상흑연(고정탄소 86.55%, 회분 11.56%, 기타 1.89%)을 사용하였으며, 첨가제의 양은 2%, 3%, 4% 및 6%로 조절하였다. 용탕의 주입온도 역시 피복제의 피복상태 및 주형사의 분리에 영향을 미칠 것으로 사려되어, 주입온도영역을 1400℃ 이하, 1400-1430℃ 및 1430℃ 이상 등과 같이 다양하게 변화시켜 주었다.

실험공정절차는 다음과 같다.[3]:

우선, Fig. 1과 같이 모형판을 흡인상자위에 설치하였다. 이 모형판은 수많은 흡입구를 가진 구조로 되어 있기 때문에, 진공이 가해질 경우 모형과 플라스틱 필름사이의 접촉이 양호하게끔 도와 준다.

다음으로, Fig. 2와 같이 0.05-0.15 mm의 두께를 갖는 폴라스틱 필름을 전기히터나 가스히터(electrical or gas heater)로 가열시켜 모형위에 부착시켰다.

그리고 나서, Fig. 3의 진공실의 압력이 0.5 bar(400 mmHg)가 될 때까지 공기를 빼 주어 열가소성 플라스틱 필름이 모형에 밀착되어 정밀한 주형면이 얻어지도록 하였다.

이와 같이 필름이 밀착된 모형위에 주형상자(하형/상형; drag/cope)을 설치하여(Fig. 4), 주형이 진공호스에 의해 진공장치와 연결되도록 하였다. 그런 후에 주형상자(하형 및/또는 상형)를 점결제가 첨가되지 않은 건조

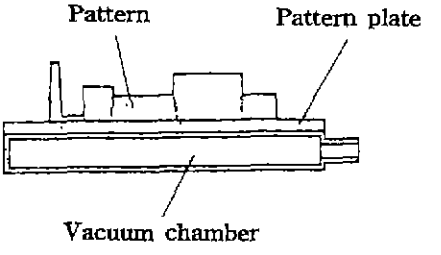

Fig. 1. Mounting of the pattern plate on a flat carrier suction box.

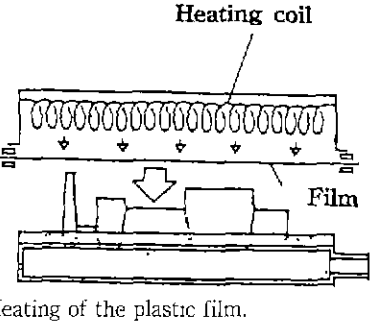

Fig. 2. Heating of the plastic film.

Table 1. Components of the Coating Material Produced by Dae ho Industrial Co Ltd.(in %)

MgO	SiO_2	Fe_2O_3	Fixed Carbon	Volatile Component	the Otherss
51.0	31.5	4.0	4.3	2.9	6.3

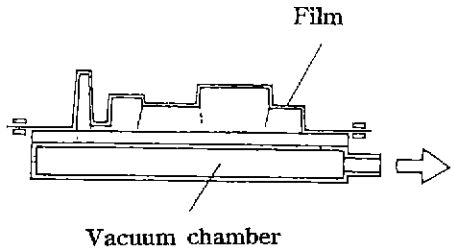

Fig. 3. Evacuation of air in vacuum chamber.

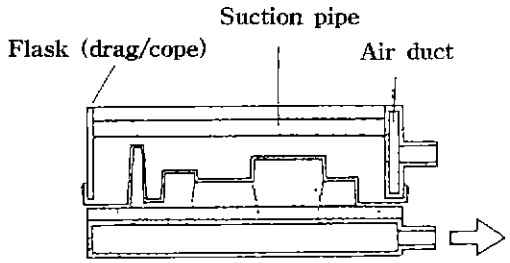

Fig. 4. Setting of the the flask on the film-covered pattern plate.

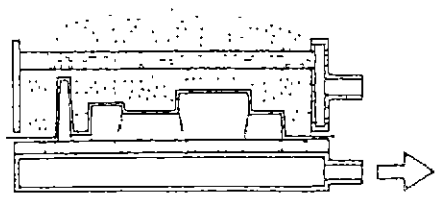

Fig. 5. Filling of the moulding box (drag and/or cope) with dry sand (silica, zircon sand etc.) with no binders added.

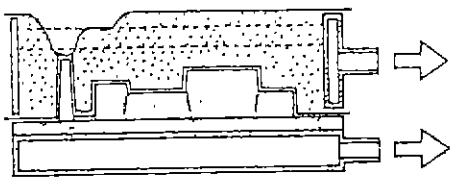

Fig. 6. Levelling of the upper side of the flask and covering it with a plastic film.

된 모래(silica, zircon sand 등)로 채워 줌과 동시에 진동을 가해 줌으로써 모래들이 예비압축되어 완벽한 bulk density가 얻어지도록 하였다(Fig. 5).

다음으로 ingate를 형성시켜, 주형(하형 및/또는 상형)의 윗 부분을 평활하게 해 준 다음 플라스틱 필름으로 덮어 주고, 필요한 경도내에서 모래입자의 밀착상태를 유지시켜 주도록 진공상태를 만들어 주었다(Fig. 6).

다음으로 여전히 진공상태하에 있는 주형상자(하형 및/또는 상형)가 플라스틱 필름과 더불어 쉽게 이형될 수

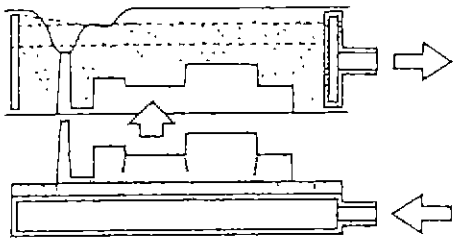

Fig. 7. Release of vacuum applied to the pattern plate carrier box.

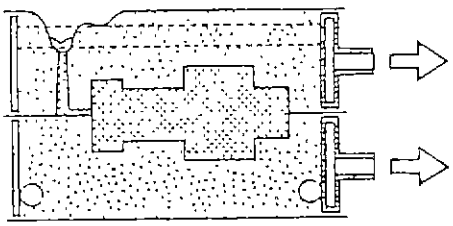

Fig. 8. Assembling of cope and drag.

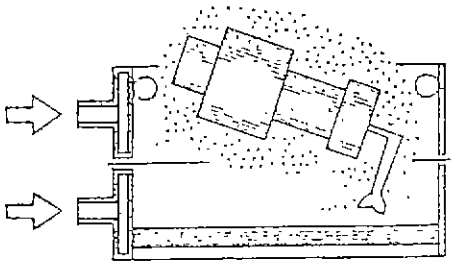

Fig. 9. Release of vacuum after cooling of the casting.

있도록 모형상자에 가해진 진공을 풀어 주었다(Fig. 7).

하부주형(drag)과 상부주형(cope)을 동일한 방식으로 제조한 후에, 이들을 서로 합형해서 곧바로 주조에 이용하였다(Fig. 8). 여기서 주형(mould)은 조형(moulding)을 한 뒤 용탕을 주입하는 동안 진공상태하에 놓이게 되며, 이 진공상태는 금속이 응고될 때까지 계속 유지된다.

끝으로, 주입된 용탕이 충분히 냉각된 후에 진공을 풀어, 주형사가 제각기 흩어지면서 주형으로 부터 분리되도록 하였다(Fig. 9).

3. 결과 및 고찰

Table 2-Table 5에 다양한 실험조건 및 주입온도에 따른 실험결과가 실려 있으며, 주입온도영역에 따른 소착상태는 Photo 1-Photo 4에 나타내져 있다.

Table 2와 Photo 1a-1d에 대호산업(주)에서 제조된 도형제에 인상흑연을 2%첨가하여 다양한 주입온도하에서 수행된 실험결과가 나타내져 있다. 이들 표와 사진에

Table 2. Burning State under Addition of 2% Crystalline Graphite (Hexagonal) to the Coating Material produced by Dae Ho Industrial Co. Ltd. and various Pouring Temperature

NO.	Pouring Temperature	Temperature Region	Occuring State of Burning	Remarks	NO.	Pouring Temperature	Temperature Region	Occuring State of Burning	Remarks
1	1,397	<1400	no	Photo 1a	13	1,415	1411~1415	middle	Photo 1c
2	1,401	1400~1405			14	1,416	1416~1420	middle	
3	1,404				15	1,416			
4	1,406	1406~1410	a little	Photo 1b	16	1,416			
5	1,406				17	1,418			
6	1,407				18	1,419			
7	1,407				19	1,420			
8	1,408				20	1,426	1426~1430	much	Photo 1d
9	1,408				21	1,427			
10	1,409				22	1,432	>1430	much	
11	1,413	1411~1415	middle	Photo 1c	23	1,434			
12	1,414				24	1,437			

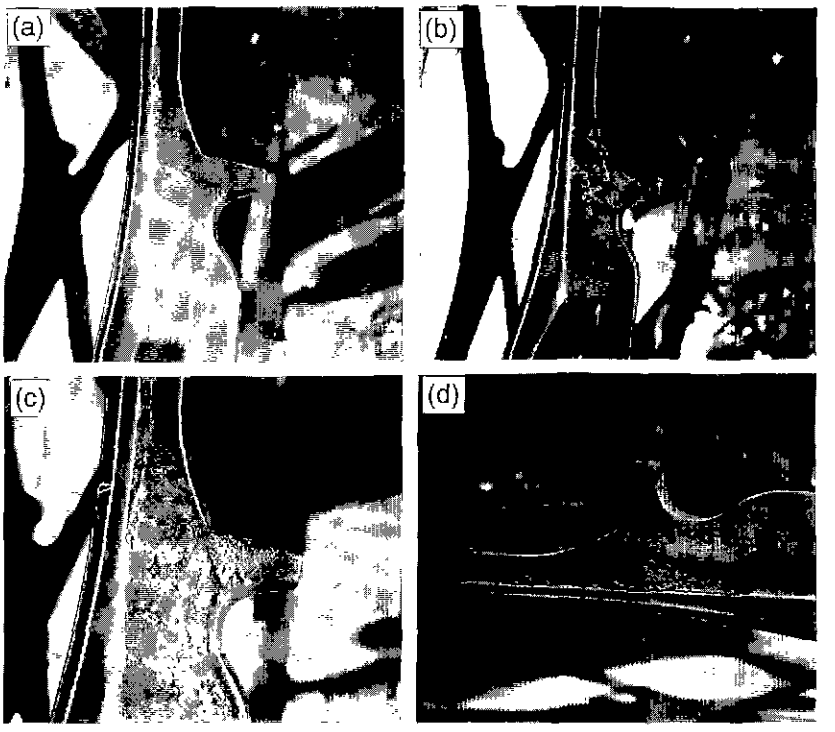

Photo 1. Photos of the Piano Frame obtained by Use of the Coating Material of Dae Ho Industrial Ltd. and 2% Crystalline Graphite (Hexagonal) under various Pouring Temperature a) <1400℃ and 1400-1405℃ b) 1406-1410℃ c) 1411-1420℃ d) 1426-1430℃ and >1430℃

서 보듯이 1400℃미만 및 1401-1405℃의 주입온도영역하에서는 소착이 발생하지 않았으나, 주입온도가 상승함에 따라 소착현상이 점점 증가하여 1426-1430℃ 및 1430℃이상의 주입온도영역하에서는 다량의 소착이 발생하고 있음을 알 수 있다.

Table 3과 Photo 2a-2d는 역시 동일한 도형제(대호

Table 3. Burning State under Addition of 3% Crystalline Graphite (Hexagonal) to the Coating Material produced by Dae Ho Industrial Co. Ltd. and various Pouring Temperature

NO.	Pouring Temperature	Temperature Region	Occuring State of Burning	Remarks	NO.	Pouring Temperature	Temperature Region	Occuring State of Burning	Remarks
1	1,397	<1400	no	Photo 2a	13	1,421	1421~1425	a little	Photo 2c
2	1,398				14	1,422			
3	1,403	1401~1406			15	1,422			
4	1.409				16	1,422			
5	1,412	1411~1415	a little	Photo 2b	17	1.424			
6	1,414				18	1,426	1426~1430	middle	Photo 2d
7	1,416	1416~1420	a little		19	1,427			
8	1,416				20	1,427			
9	1,417				21	1,428			
10	1,417				22	1,433	>1430	middle	Photo 2d
11	1.417				23	1,436			
12	1.418								

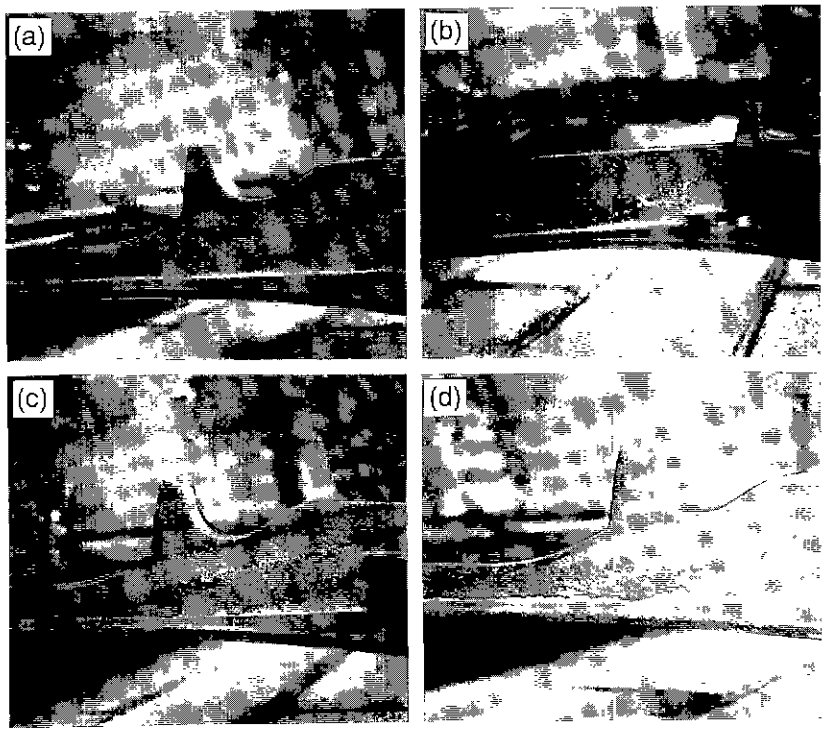

Photo 2. Photos of the Piano Frame obtained by Use of the Coating Material of Dae Ho Industrial Ltd. and 3% Crystalline Graphite (Hexagonal) under various Pouring Temperature a) <1400℃ and 1400-1406℃ b) 1411-1420℃ c) 1421-1425℃ d) 1426-1430℃ and >1430℃

산업)에 3%의 인상흑연을 첨가한 경우에 대한 실험결과를 나타내 주고 있다. 이 경우 역시 1406℃까지의 주입온도하에서만 소착이 발생하지 않았고, 그 이상의 온도영역에서는 인상흑연을 2%첨가한 경우에서와 같이 주입온도의 상승에 따라 소착현상이 점차로 증가하고 있음을 볼 수 있다. 그러나, 이 경우에는 2%의 인상흑연을

Table 4. Burning State under Addition of 4% Crystalline Graphite (Hexagonal) to the Coating Material produced by Dae Ho Industrial Co. Ltd. and various Pouring Temperature

NO.	Pouring Temperature	Temperature Region	Occuring State of Burning	Remarks	NO.	Pouring Temperature	Temperature Region	Occuring State of Burning	Remarks
1	1,397	<1400	no	Photo 3a	13	1,420	1416~1420	no	Photo 3b
2	1,393				14	1,420			
3	1,402	1400~1405	no		15	1,421	1421~1425	no	
4	1,403				16	1,422			
5	1,404				17	1,426	1426~1430	a little	Photo 3c
6	1,407	1406~1410	no	Photo 3b	18	1,427			
7	1,409				19	1,432	>1431	middle	Photo 3d
8	1,409				20	1,434			
9	1,409				21	1,438			
10	1,418	1416~1420	no		22	1,439			
11	1,419				23	1,456			
12	1,419								

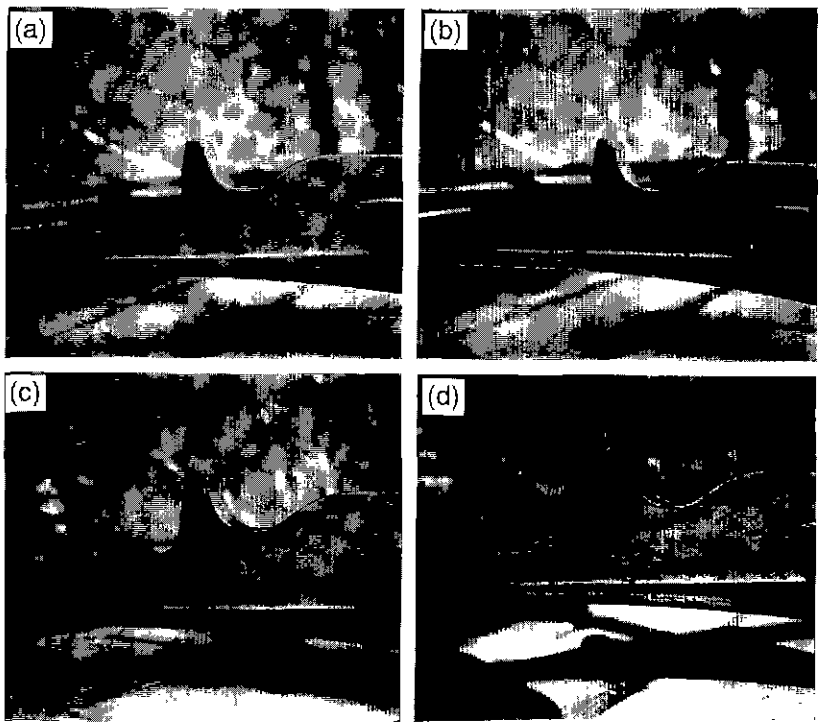

Photo 3. Photos of the Piano Frame obtained by Use of the Coating Material of Dae Ho Industrial Ltd. and 4% Crystalline Graphite (Hexagonal) under various Pouring Temperature a) <1400℃ and 1400-1405℃ b) 1406-1420℃ c) 1426-1430℃ d) 1430℃

첨가한 경우와 비교해서 1411℃이상의 고온영역에서의 소착현상이 많이 미약해졌음을 또한 알 수 있다.

Table 4와 Photo 3a-3d는 동일한 도형제에 인상흑연을 4%첨가하여 실험한 경우이다. 이 경우에는 2% 및 3%의 첨가제를 사용한 경우와 마찬가지로 1400℃미만 및 1401-1405℃의 주입온도영역하에서 소착이 발생하

Table 5. Burning State under Addition of 6% Crystalline Graphite (Hexagonal) to the Coating Material produced by Dae Ho Industrial Co. Ltd. and various Pouring Temperature

NO.	Pouring Temperature	Temperature Region	Occuring State of Burning	Remarks	NO.	Pouring Temperature	Temperature Region	Occuring State of Burning	Remarks
1	1,381	<1400	no	Photo 4a	13	1,415	1411~1415	middle	Photo 4c
2	1,393				14	1,416	1416~1420	no	
3	1,394				15	1,416			
4	1.399				16	1,416			
5	1,400	1400~1405	no	Photo 4b	17	1,422	1421~1425	no	Photo 4d
6	1,405				18	1,423			
7	1,406	1406~1410	no		19	1,426	1426~1430	no	
8	1,407				20	1,426			
9	1,409				21	1,428			
10	1,411	1411~1415	no	Photo 4c	22	1,432	>1430	no	
11	1.411				23	1,438			
12	1,413								

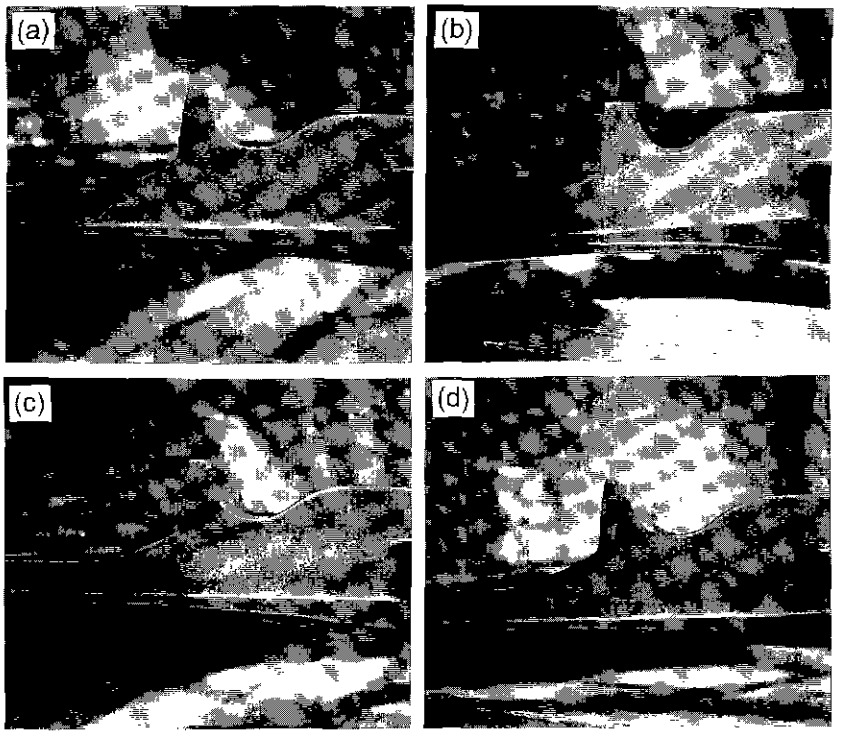

Photo 4. Photos of the Piano Frame obtained by Use of the Coating Material of Dae Ho Industrial Ltd. and 6% Crystalline Graphite (Hexagonal) under various Pouring Temperature a) <1400℃ and 1400-1410℃ b) 1411-1420℃ c) 1421-1430℃ d) 1421-1430℃ and >1430℃

지 않았을 뿐만 아니라, 1406-1425℃의 높은 주입온도 영역하에서도 역시 소착이 발생하지 않고 있음을 알 수 있으며, 다만 1426℃이상의 주입온도하에서 소착현상이 서서히 나타나고 있음을 알 수 있다.

Table 5와 Photo 4a-4d는 역시 동일한 대호산업(주) 제품의 도형제에 6%의 인상흑연을 첨가하여 수행한 실

험결과이다. 이 경우에는 낮은 주입입온도영역하에서 뿐만 아니라, 전체 주입온도영역에 걸쳐 소착현상이 일어나지 않고 있음을 볼 수 있다.

이상의 실험결과를 종합해 보면, 도형재에 인상흑연을 2%와 3%첨가하였을 경우 낮은 주입온도영역하에서는 대체적으로 소착현상이 발생하지 않았으나, 주입온도가 올라 감에 따라 소착현상 역시 점점 증가하였다. 또, 인상흑연을 4%와 6%를 첨가한 경우에는 전체 주입온도영역에 걸쳐 거의 대동소이한 현상이 관찰되었다. 즉, 1426℃이상의 온도에서 약간의 소착이 일어난 것을 제외하고는 전반적으로 소착현상이 거의 발생하지 않았다. 이상의 결과로부터 첨가제의 양과 주입온도에 따라 소착발생이 상이하게 나타남을 알 수 있었다. 다시 말해 소착발생의 여부가 첨가제의 양과 주입온도에 상당히 의존됨을 알 수 있었다. 이로 인해 본 실험을 통해 적절한 주입온도와 적당량의 첨가제를 사용함으로써 도형성능을 개선해 줄 수 있음이 확인되었으며, 소착발생을 방지하기 위한 가장 적절한 첨가제의 양으로는 4-6%, 주입온도로는 1400℃±5℃가 됨을 알 수 있었다.

4. 결 론

주조공정에 의해 최종적으로 얻어지는 주조물에 주형사 및 도형제가 완전히 제거되지 않고 소착(burning)된 제품이 얻어질 경우 최종 제품의 질이 상당히 떨어지기 때문에, 이러한 소착상태(burning state)를 완전히 제거시켜 주거나 최소화시켜 주기 위해 다양한 주입온도하에서 피복제에 첨가제를 추가하여 피복성능을 개선시켜 주고자 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결과를 얻게 되었다:

1) 도형제에 인상흑연을 2%와 3%첨가하였을 경우 낮은 주입온도영역하에서는 대체적으로 소착현상이 발생하지 않았으나, 주입온도가 올라 감에 따라 소착현상 역시 점점 증가하였다.

2) 인상흑연을 4%와 6%를 첨가한 경우에는 전체 주입온도영역에 걸쳐 거의 대동소이한 현상이 관찰되었다. 즉, 1426℃이상의 온도에서 약간의 소착이 일어난 것을 제외하고는 전반적으로 소착현상이 거의 발생하지 않았다.

이상의 결과로부터 소착발생의 여부가 첨가제의 양과 주입온도에 상당히 의존됨을 알 수 있었다. 즉, 적절한 주입온도와 적당량의 첨가제를 사용함으로써 도형성능을 개선해 줄 수 있음이 확인되었으며, 소착발생을 방지하기 위한 가장 적절한 첨가제의 양으로는 4-6%, 주입온도로는 1400oC±5℃가 됨을 알 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 '95년도 충남대학교 공과대학 국책사업 학·연 산 공동연구계획에 의하여 대아공업 주식회사와 공동으로 시행된 연구의 일부로 이에 감사를 드립니다.

REFERENCES

1. K Nakata and M Hondo, Vプロセスについて(The V-Process), 鋳物 第 44巻 第 9號, 858-859 (1972).
2 Y. Nozaki and M Ninomiya, 減壓造型法について (The Property of Foundry Sand in the Reduced Pressure State), 鋳物 第 44巻 第 9號, 859-860 (1972).
3. 三甫 孝, 減壓造型法, 鋳物 第 63巻,第 4號, 397 - 410 (1991)
4. Kono, De Eng.. K. Nishikawa and K Hoshiya, Vプロセスにおける鋳型の表面層について(On the Formation of the Mould Surface Layer on V-Process), 鋳物 第 44巻 第 9號, 861 (1972).
5 R Kono, Dr Eng , T. Miura and J. Tomonaga, 減壓造型法における塗型の果(Effects of Coating in the Vaccum Process), 鋳物 第 46巻 第 4號, 290-291 (1974).
6. Ryojiro Kono, Dr. Eng , and Takashi Miura, Basical Technology of Vaccum Sealed Moulding Process, 鋳物 第 46巻 第 9號, 795-805 (1974)