

유기의 발전

유창영(서울과학관)

1. 주물유기

전통 주물기법이란 만들고자 하는 제품에 알맞은 배합비율로 합금한 쇳물을 미리 만든 틀(鑄型)에 붓고 완전히 식힌 다음, 틀에서 꺼내어 결면을 다듬어 마감하는 기법이다. 이 기법은 녹여서 붓는 쇳물의 성분이나 배합비율에 따라 여러가지 합금이 가능하고 같은 모양, 같은 크기의 제품을 대량으로 생산 할 수 있다는 잇점을 지니고 있지만 단조(鍛造)기법은 불가능하다. 주물유기를 불에 달구어 두드리면 늘어나지 않을 뿐만 아니라 오히려 갈라지거나 깨지고 만다. 이는 금속의 재질이나 배합비율이 방짜(方字)의 경우와는 다르기 때문이다. 이러한 기법으로 주조된 제품은 금속의 성분, 곧 어떤 종류의 금속재를 어떤 비율로 배합했느냐에 따라서 청동주물, 황동주물, 백동주물과 무쇠주물로 구분한다. 이러한 주물의 종류는 돌거푸집 방법, 밀랍방법, 주물사방법으로 만든 틀에 부어 만든다.

1.1. 역사적 배경

유기의 재료는 성분과 비율에 따라 약간 차이가 있으나 넓은 의미로는 구리를 기본으로 하는 비철금속계의 합금이다. 따라서 유기의 시원은 일반적으로 청동기시대로 거슬러 올라간다. 이 청동기시대는 기원전 3천년 경 중동지방에서 시작되어 유럽과 아시아를 거쳐 한반도에도 성립되었다. 이에 따라 청동 야금술(冶金術)이 발달하기 시작하였고 각종 생활용구들을 제작하여 사용하기 시작하였다.

평양지방의 낙랑에서 비롯된 철기문화는 한반도 문화와 기술에 큰 변혁을 가져왔다. 낙랑을 몰아내고 그들 한족(漢族)이 지녔던 금속가공기술을 익히게 된 삼국시대 사람들은 새로이 금속의 채광법과 야금술을 독자적으로 발달시켜 나갔다.

따라서 삼국시대와 통일신라시대는 금속의 재료나 기술에서 획기적인 발전을 가져온 때이다. 유석(鑪錫)은 유기의 재료가 되었으며 이 합금을 특별히 '신라동(新羅銅)'이라고 불렀고, 널리 중국에 까지 알려지게 되었다. 금속가공술이 비록 중국을 통해 우리나라에 전해지긴 했으나 한반도에 전래된 뒤에 독자적인 문화를 확립해 왔을 뿐만 아니라 청동기시대부터 답아온 기술을 바탕으로 더욱 발달하게 되었다.

12세기에 들어와 고려에서는 여러가지 유기를 만들기 시작하여 이때부터 궁중과 반가(班家)에서 놋그릇을 쓰기 시작된 것으로 추측되는데 이는 「고려사(高麗史)」 등의 문헌과 출토된 유물을 통해 증명되고 있다.

고려때의 그릇으로 생각되는 현존 놋그릇 들은 몸체가 얇고 질기며 거의 대부분이 구리와 주석의 합금으로서 방짜기법으로 만들어져 있다. 문헌에도 “그릇으로 쓰이는 유기의 재료는 동과 주석만의 합금이었다”라고 기록되어 있어 주물그릇보다는 방짜그릇이 시기가 앞섰음을 알 수 있다.

조선시대에는 송유억불정책으로 불교적 색채를 띠는 금속가공품이 그리 많지 않았다. 대신 담배함, 화로, 향로, 반상기 등 단순하면서도 소박한 느낌을 주는 새로운 형태의 생활용품과 민예품이 많이 제작되었다. 그러나 우리 고유의 합금인 놋쇠로 만든 유기가 언제부터 그릇으로 대중화되었는 지에 대해서는 정확히 알 수 없다. 주물유기는 조선 중기에 이르러

그 수요가 늘어나자 손일이 많은 방짜기법 대신 주물기법으로 만들게 되었다. 이 주물유기는 방짜와는 달리 구리와 아연의 합금인 황동이나 기타 잡금속을 섞어 사용하였다.

1.2. 제작과정

1.2.1. 틀(鑄型) 제작법

(1) 돌거푸집(鎔范)방법

돌거푸집은 인류가 금속을 녹여 일정한 형태의 기물을 만들기 시작할 때부터 이용한 최초의 거푸집 방법이다. 다루기 쉽고 표면을 곱게 처리할 수 있을 뿐 아니라 열에 강해서 좀처럼 터지지 않는 곱돌로 만들었으며 편암재(片岩材)를 쓰기도 한다.

(2) 밀랍(蜜蠟)방법

밀랍은 열에 쉽게 녹으며 재질이 물러 본을 만들기 쉽기 때문에 이 성질을 이용해서 틀을 만드는 방법이다. 우선 밀랍으로 구조할 기물의 형태를 만들고 그것을 고운 진흙으로 완전히 씌워 잘 말린다. 진흙으로 덮어 씌울 때 밀랍이 녹아서 흘러 나올 구멍(이 구멍은 나중에 녹인 쇳물을 붓는 주입구)을 만들어 두어야 한다. 진흙이 완전히 마른 뒤 그 틀을 불에 구우면 속의 밀랍은 녹아서 밖으로 빠지게 된다. 이렇게 밀랍이 다 빠지고 나면 속이 빈 거푸집이 생긴다. 여기에 쇳물을 부어 구조하는 방법을 밀랍방법이라 한다.

이런 방법은 섬세하고 복잡한 무늬, 곡형(曲形)의 구조물을 만들 때 쓰던 방법이다. 현재는 세밀한 장식물이나 장신구를 만드는데 많이 이용되며 이 방법은 정밀주조법(Investment Casting)의 시원이다.

(3) 주물사(鑄物沙) 방법

갯토라는 흙으로 구조하고자 하는 형태의 암수원본인 번기를 이용하여 기물의 형태를 만든 뒤 그 사이에 녹인 쇳물을 부어 구조하는 방법을 말한다. 이 방법에는 주물사인 갯토를 다져 넣기 위한 여러 형태의 틀이 필요하게 되는데 이와 같은 틀을 '토틀'이라고 한다. 토틀은 황토에 짓이긴 삼베를 넣어서 만든다. 이 토틀은 비철금속보다 오히려 무거운 단점이 있지만 터지지 않는 잇점이 있어서 해방 뒤까지 널리 사용된 주물틀이다. 지금은 비철금속으로 만든 틀을 사용하고 있다.

1.2.2. 주물제작

(1) 부질(주물)작업

부질이란 녹인 쇳물을 일정한 틀에 부어 원하는 모양을 만드는 과정을 말하며 부질하는 장인을 '부질대장'이라고 부른다.

(2) 갯토만들기

갯토는 주물사(해토)를 말한다. 조수(潮水)가 교차할 때 가라앉는 모래도 흙도 아닌 앙금이다. 이것을 말린 뒤 체로 곱게 쳐서 간수처리한 것을 말한다. 이렇게 처리된 갯토는 각종 기물의 본을 넣는 틀에 다져 넣어 쇳물을 붓는 원형 곧 거푸집을 만드는데 쓰인다. 주물할

수 있는 기물의 본을 번기(番器)라고 한다.

(3) 쇳물끓이기(용해과정)

주물할 금속을 합금비율로 도가니에 담고 이 도가니를 화덕속에 넣는다. 계속 풀무질을 해가며 녹는 상태를 살핀다. 금속에 따라 차이가 있으나 보통 유철인 경우 900oC 이상에서 쇳물이 녹게 된다.

(4) 번기(番器)형태 만들기

쇳물이 준비되는 동안 부질대장은 쇳물이 들어갈 번기의 형태를 만드는데 암틀과 수틀로 나뉘어져 있으며 각각 제작한다. 암틀의 제작과정은 먼저 갯토판 위에 번기와 틀을 놓고, 번기 위에 송탄가루를 뿌리는데, 이 이유는 주물의 표면을 매끄럽게 하고 주형을 만들어 들어낼 때 파손을 방지하기 위해서이다. 또한 쇳물과 접촉하면 이 송탄이 타면서 열을 내므로 쇳물의 온도저하를 방지하여 좋은 주물이 될 수 있다. 송탄가루를 뿌린 뒤 그 위에 갯토를 넣고 다지는데, 이때 거푸집의 파손방지를 위하여 틀의 모서리 부분이나 압력이 작용하지 못하는 곳을 우선적으로 다지고, 그 다음 나머지 부위를 다진다.

다지기가 끝난 거푸집을 옆에서 수틀을 조립하여, 암틀의 제작순서와 똑같이 수틀을 만든다. 만들어진 암틀과 수틀을 분리하여, 수틀에 있는 번기를 살짝 좌우 위아래로 때려, 발취구배(번기를 주형벽의 파손없이 빼내기 쉽게 하기 위하여 주는 기울기)를 준 다음 번기를 들어 올린다. 번기를 들어 올릴 때 생긴 파손이나 흠을 보수하고, 갯토의 강도부여와 주조시 파손을 방지하기 위하여 번기형태의 주위에 물칠을 하고, 이 물칠한 주형에 쇳물이 들어갈 길(무집)을 만든다. 이 무집은 녹은 금속이 굳을 때 발생하는 수축(응고수축)양 만큼의 쇳물을 공급해 주며 쇳물이 충실하게 채워질 수 있도록 압력을 가해주고 방향성 응고(쇳물 주입구에서 가장 먼곳에서 부터 굳기 시작하여 무집이 가장 늦게 굳게 하는 것)가 일어나도록 하여 내부에 결함이 없는 좋은 주물이 되게 한다.

(5) 그을음 하기

거푸집이 너무 차가울 경우 쇳물을 부음과 동시에 바로 굳어 쇳물이 들어가는 통로를 막아 주조가 되지 않기 때문에 쇳물이 잘 흘러들고 번기형태를 단단히 말리기 위해 암틀과 수틀 윗면을 옆어놓고 그을음질을 한 뒤 암틀과 수틀을 조립한다.

(6) 쇳물붓기

암틀을 등가래(쇳물을 부을 때 수증기가 생기면 될 우려가 있으므로 벽에 밀착시켜 놓는 판자를 말함)에 밀착, 고정시키고 쇳물 표면의 불순물을 제거한 뒤 유석을 첨가하여 쇳물의 온도를 맞추어 완성된 번기틀의 유구(쇳물 주입구)에 붓는다.

(7) 해체

주조가 끝난 거푸집을 갯토판 위에 올려놓고 틀을 들어내어 해체한다. 해체된 유기를 빼내어 표면에 붙어 있는 산화된 갯토를 털어내고 유구를 떼어내면 해체작업은 완료된다.

(8) 열처리

해체된 유기의 강도를 높이기 위하여 적당한 온도로 재가열하고(사진 1-22) 차가운 물에 넣어 담금질 한다.

(9) 가질작업

가질이란 부질하여 만든 기물의 형태를 깎고 다듬는 것을 말하며 가질하는 곳을 '가질간', 가질하는 장인을 '가질대장'이라고 한다. 가질틀의 윗부분에 장부(기물을 끼워 머리목을 박아 움직이지 않게 하는 것)가 있어서 기물에 알맞은 머리목을 고정시킨 뒤 다시 주물된 기물을 끼워넣고, 질나무에 가질칼을 대고 발로 속도를 조정하며 수차례 반복하여 깎는다. 이때 모칼과 평칼을 사용하여 세밀히 깎아 다듬는다.

(10) 마무리 작업

가질작업이 끝난 뒤 쇠기름에 곱게 빻은 기왓가루를 섞어 걸레에 묻혀 가질틀에 대고 돌리면 소박하고 은은한 유기의 광을 얻을 수 있다.

1.3. 주물유기의 금속학적 고찰

주물유기가 가지고 있는 기계적 성질 및 조직을 관찰하기 위하여 여러가지 측정기기와 현미경 및 X선 회절분석기 등을 이용하여 다음과 같이 측정하였다.

기계적 성질을 관찰한 결과는 경도는 11.53HRF정도이며 인장강도는 22.63Kg/mm², 연신율은 약 0.14%로 나타났다. 이 값들은 같은 조건의 방짜유기의 기계적 성질에 비하여 약간 높은데 그 이유는 방짜유기는 단조작업을 위하여 비교적 두께가 두꺼운 상태로 주조를 하지만 주물유기는 거의 최종제품에 가까운 두께로 주조하므로 방짜유기의 바둑에 비하여 주물유기의 냉각속도가 빠르기 때문이다. 금속의 성질을 결정하는 요인으로는 합금성분, 모금속의 성질, 첨가원소의 종류 및 주조시의 냉각속도 등 여러가지가 있는데 합금의 성분, 모금속의 성질 및 첨가원소의 종류는 방짜유기와 거의 비슷하다고 가정하면 단지 다른 것은 주조시의 냉각속도가 다르다는 것이다. 따라서 냉각속도가 빠르면 조직은 치밀하여 기계적 성질이 우수하고 반면에 냉각속도가 느리면 조직이 덜 치밀하고 조대한 조직의 형성으로 기계적 성질이 떨어진다고 할 수 있다. 주물유기의 경우 대부분 주조하여 마무리 작업만으로 바로 최종제품이 되므로 기계적 성질이 우수해야 하기 때문에 주조 뒤의 냉각속도는 매우 중요하다고 할 수 있다.

광학현미경으로 보면 나무가지 모양은 α -dendrite이고 그 외부분은 β 상(Cu_{5.6}Sn)이다. 일반적으로 주조를 할때 차가운 물질이나 공기와 직접 접촉하는 주물의 표면은 칠(chill)이 나타나는데 이 chill은 급속한 냉각으로 인하여 조직이 매우 작고 치밀하여 강도가 높다. 이 chill부를 차단막으로 그 안부분은 아직도 용융상태로 남아 있으며 점점 냉각이 됨에 따라 주물의 중심부를 향하여 냉각이 일어나는데 이 냉각속도가 chill부위보다는 느리기 때문에 미세한 결정이 성장을 하여 수지상정(dendrite)이 나타나게 된다. 이 dendrite가 생성되면 편석(segregation)이 생기게 되며 합금원소의 농도는 이 dendrite의 표면부위가 가장 높다. 이러한 편석은 원소의 비중차와 냉각속도의 차로 생기는데 dendrite가 성장함에 따라 비중이 가벼운 원소들은 밀려나게 되고 냉각속도가 느린 원소들은 응고가 되지 않아 용융상태로 존재하여 밀리기 때문에 발생한다. 따라서 사진에서도 α -dendrite에 비해 β 상 부위의 Sn의 농도가 더 높고 반면에 Cu는 α -dendrite부가 더 높게 된다(SEM의 mapping사진 참조). 또한 사진에서 둥그런 형태의 dendrite는 1차 수지상이고 막대기 모양의 dendrite는 2차 수지상(0부위로 확인됨)이다. 2차 수지상이 1차 수지상 보다 크기가 작은 데 이는 먼저 생긴 수지상

은 충분히 성장할 시간이 있지만 2차 수지상은 성장에 필요한 시간이 적기 때문에 이렇게 굵기의 차가 생기게 된다.

각 중요 원소로 mapping해 보면 위에서 설명한 Sn의 분포차이를 본 mapping사진에서 확인할 수 있으며 예상한 결과와 일치함을 알 수 있다. mapping사진이 밝을수록(흰색으로 나타날수록) 농도는 높은 것이고 검을수록(검은 색으로 나타날수록) 농도는 낮아진다. 따라서 Cu로 mapping한 사진과 조직사진을 비교해 보면 dendrite모양 부분이 Cu의 농도가 높고 그 외 부위는 낮으며 Sn mapping사진에서 dendrite부가 Sn농도가 낮으며 β 상의 Sn농도가 높은 것이 뚜렷이 확인된다. 그리고 전반적으로 Si의 분포가 균일하게 나타나는데 이 Si는 철분과 같은 불순물을 제거시키기 위하여 첨가시키는 유리로 인해 나타난 듯 하며 Cu, Sn에 Si의 고용도가 높기 때문에 편석이 되지 않고 균일하게 분포하게 된다.

2. 방짜(方字)유기

방짜유기란 정확하게 78%의 구리와 22%의 주석을 합금한 우리나라 특유의 금속기법이다. 앞장에서 말한 주물유기와는 달리 정확히 합금된 놋쇠를 불에 달구어 메질(망치질)을 되풀이 해서 얇게 늘여가며 형태를 잡아가는 기법이다. 즉 놋쇠를 열간가공(熱間加工, hot working)하여 단조기법으로 성형하는 방법을 말한다. 전통적으로 11명이 한조가 되어 조직적으로 만들어 낸다.

이런 기법으로 만들어진 방짜유기는 휘거나 잘 깨지지 않으며 비교적 변색되지 않을 뿐 아니라 쓸수록 윤기가 나는 장점이 있다. 특히 성형할 때 두드린 메자국(울퉁불퉁한 자국)이 수공예품으로서의 은근한 멋과 품위를 풍겨 그 격을 한층 더한다.

2.1. 역사적 배경

방짜란 일정한 비율의 구리와 주석의 합금을 일컫는 말이다. 즉 78%의 구리와 22%의 주석으로 합금한 좋은 질의 놋쇠를 말하며 방짜유기란 이 놋쇠로 두드려 만든 놋제품을 총칭한다. 한자어로는 양대납청성기(良大納淸成器)라고 하며 일반적으로는 방짜라고 부른다.

양대납청성기라는 이름은 평북 정주지방의 납청이라는 곳이 놋그릇의 본산지였기 때문에 붙은 이름으로 양대는 방짜라는 뜻의 북한말이다. 곧 납청에서 만든 방짜그릇(成器)이라는 뜻이다. 여기서 납청은 평안북도 정주군 마산면 청정동을 일컫는 말이다. 이곳은 예로부터 방짜유기를 만들기 시작하여 대대로 물려 온 유기점들이 모여 있어서 대부분이 유기업에 종사하거나 이와 관련된 일로 생업을 삼는 사람들이 모여 살던 고장이었다.

전해오는 이야기에 의하면, 처음에는 엽전을 쳐서 유기제품을 만들기 시작하다가 점차 주발, 대접 등의 식기를 방짜기법으로 만들게 되었고 그 뒤 기술이 축적되고 생업으로 정착되자 놋대야, 놋양푼, 놋요강, 놋상, 농악기 등 비교적 큰 기물(器物)까지 만들게 되었다.

그러나 유기가 대중화 됨에 따라 식기류의 수요가 크게 증가하자 시간이 많이 소요되는 방짜 대신 주물유기가 제작되었다. 그 이후 방짜의 수요가 줄어들고 한일합방을 전후하여 서민층에 이르기까지 유기를 사용하였으나 유기가 일본으로 공출됨에 따라 많은 유기공장이 문을 닫게 되어 그 자취를 찾아보기 힘들게 되었다.

2.2. 제작과정

(1) 용해

밖풍구가 용해로에 불을 피워 도가니의 열을 올려 놓게 되면 깃대장은 원재료인 동과 주석을 16:4.5(78%:22%)로 저울에 정확히 달아서 도가니에 넣어 합금한다. 일정시간(용해온도 약 1,200 - 1,300OC)이 지나면 깃대장은 육안으로 쇳물온도를 판정하여 적당하다고 생각될 때 도가니의 쇳물을 퍼낼 수 있는 작은 도가니와 집계를 사용하여 용해된 쇳물을 퍼내 제품 크기에 따른 중량을 물판에 붓는다. 쇳물을 물판에 부을 때 깃대장의 조수인 밖풍구는 적당량의 톱밥을 뿌려 주는데 이는 쇳물이 물판에 자리 잡을 때 산소의 침입을 방지하고 열을 서서히 식게 하여 주물 결합 등을 없애 쇳물의 주조성을 좋게 하기 위함이다.

용해는 생산량 및 크기에 따라 다르지만 보통 용해작업을 하루 하면 여러날 사용할 수 있는 바둑(금속괴)이 되는데, 이 바둑은 제품의 기본 성형재료이기 때문에 밖풍구는 항상 용해작업준비를 갖추어 놓는다.

(2) 땀

제작과정 중 제품이 깨지거나 구멍이 나게 되면 깃대장은 땀부위에 맞게 땀쇠(동질의 토막)와 땀할 재료의 부위에 생성된 산화피막을 칼대로 긁어내 땀준비를 해 놓는다. 땀소탕 위에 땀판(두께 12mm, 길이 30cm의 정사각형 철판)을 올려 놓고 풀무질로 땀판을 가열하여 발갱게 달아오르게 되면 그 위에 숯가루(소나무숯을 절구에 쪼개 고운채로 친 가루)를 약 1mm 두께로 깔아 놓는다.

미리 준비된 땀제품의 땀부위를 뿌려 놓은 숯가루에 올려 놓은 뒤 움직이지 않게 고정시키고 준비된 땀쇠를 땀부위에 알맞게 붙인 다음, 그 위에 다시 팔알크기만한 숯을 덮어 놓으면 땀부위의 숯이 발갱게 달아 오르는 데, 이때 깃대장은 입 또는 파이프를 이용하여 땀부위에 바람을 불어주면 제품과 땀쇠가 열을 받아 동시에 녹아 구멍이 뚫린다. 깃대장은 구멍이 뚫리는 순간에 땀부위에 물을 신속히 뿌려야 하는데 너무 과열되면 땀부위가 오히려 갈라지거나 녹아 떨어져 나가 못쓰게 되는 경우가 있다. 그러므로 깃대장의 땀작업은 오랜 경험에 의한 고도의 기술이 필요하다.

(3) 네땀질

안풍구는 다른 사람들 보다 작업장에 일찍 나와 소탕(바둑을 여러개 달구기 위하여 만든 화덕)위에 성형재료인 바둑을 잘 정리하여 놓고 소탕에 숯불을 피운다. 숯은 한번에 6관짜리 1포가 쓰이며, 바둑을 잘 달구어야 작업이 원활하게 이루어진다. 잘 달군 바둑은 한개씩 네땀대장에게 건네 주게 되는데 네땀대장은 우김질 작업의 전초작업인 네땀을 하게 된다. 네땀대장은 양손에 도리미 집계를 잡고 바둑을 모루위에 신속하게 올려 놓는 동시에 적당히 돌려 주면 미리 대기하였던 깃망치 1명, 센망치 2명이 한조가 되어 망치질을 교대로 하게 되는데 바둑을 달구어 쳐서 늘리는 작업을 여러번 반복한다. 요즘은 생산성의 향상을 위하여 달군 바둑을 어느 정도 열간압연을 하고 난 뒤에 네땀작업을 한다.

네땀된 성형재료가 계란모양의 타원형 또는 밤알의 형태가 되거나 원형 테두리가 갈라지게 되면 이를 원형으로 잘라내야만 하는데 이를 협도질이라 한다. 협도질이 필요한 바둑은 불에 달구어 네땀대장에게 전해지고 네땀대장은 그 바둑을 가위로 종이를 자르는 것처럼 협도질을 한다.

(4) 우김질

네땀이 끝난 바둑은 불에 다시 달구어 여러장 겹칠 수 있도록 메로 쳐 넓히는데 첫번째

바둑을 적당한 크기로 늘려 놓고 그 위에 두번째 바둑을 첫번째 바둑 한 가운데 올려 놓은 뒤 메로 쳐 늘리면서 두 바둑을 붙이는데 이 작업은 앞망치가 한다. 위의 작업을 여러번 반복하여 바둑을 필요한 양만큼 겹쳐 놓게 되는데 겹쳐진 상태는 바둑 10개 정도가 되며 이를 한쪽이라고 한다. 바둑 한개를 달구는 작업은 보통 안풍구가 하지만 2개 이상 겹치면 원대장이 직접 달군다.

원대장은 약 8Kg정도 되는 집게로 바둑을 잡아 달구어 놓는데 바둑을 겹치는 과정에서 바둑 하나하나를 정확한 중심에 올려 놓지 못하면 제품 전체가 한쪽으로 쏠려 제품을 생산할 수 없게 된다. 이 작업을 할 때 박풍구는 띠집게 집게를 이용하여 바둑을 달구어 낼 때와 메질을 할 때 원대장을 도와주게 되며 원대장은 겹쳐진 상태의 바둑 한쪽을 잘 달구어 모두 위에 올려 놓고 메질을 해서 그 크기를 완제품 형태까지 만들어 놓는다. 한쪽을 우기는데 소요되는 시간은 제품의 크기와 형태에 따라 다르지만 약 4시간 소요된다. 여러 장을 겹쳐 우기는 이유는 한개씩 우기면 얇아서 빨리 식어버리고 잘 늘어나지 않기 때문에 제품의 무게와 상태에 따라 2장에서 11장 까지 겹쳐서 눌러야 능률적인 작업이 가능하기 때문이다.

(5) 냄질

우김질이 끝난 제품은 바둑 여러개가 U자 모양으로 겹쳐져 있게 된다. 이렇게 붙힌 상태의 바둑을 불에 잘 달구어 뒤조이라는 공구로 한개씩 떼어 내는데 이 작업을 냄질이라고 한다. 요강같이 입구가 좁은 제품은 속에서부터 떼어 내고 그 밖의 제품은 겉에서부터 떼어 내야 하는데, 다 벗겨진 상태의 날개 하나하나를 우개리라고 한다. 냄질을 끝낸 우개리는 그 높이가 일정하지 않은데 일정하지 않은 우개리를 다시 고르게 협도질을 해야한다. 보통 기술이 좋은 사람은 3번 정도의 협도질로 완성한다.

(6) 닥침질

원대장이 우개리를 한개씩 불에 잘 달구어 닥침판 위에 올려 놓게 되면 준비 대기한 닥침꾼들은 빠른 몸동작으로 들고 있던 닥침메로 쳐서 우개리를 완제품 모양에 가까운

형태의 넓이와 높이로 늘리면서 작업을 하게 된다. 이 작업 중 우개리는 빠른 시간에 식기 때문에 수시로 불에 달구어야 하는데 우개리의 온도판정이 정확하지 않으면 이내 그 끝이 터지거나 깨져서 못쓰게 된다. 원대장은 육안으로 우개리의 색을 잘 판단해야 하며 색이 식은 듯 거무스름하면 메질을 멈추게 하고 다시 소탕에 우개리를 넣어 열을 가해야 한다. 이 작업을 닥침메로 위에서 아래로 단순히 내려치는 것이 아니라 닥침꾼 모두가 일시에 같은 동작으로 닥침메를 내려치는 동시에 자기 몸쪽으로 당기면서 쳐 늘리는 작업이다.

(7) 제질 및 담금질

닥침이 끝난 우개리를 하나씩 간수(염전에서 소금을 생산하는 과정중 추출되는 소금의 원액으로 늦쇠를 무르게하는 성질을 가져 작업을 쉽게 해 주는데 특히 절삭성을 좋게 해줌)를 바른 다음, 제질 소탕 위에 우개리를 제질집게로 잡고 올려 부분적으로 달군 다음, 달군 부위를 제질메로 쳐서 고른 형태로 만드는 작업인데 이 과정을 여러번 반복하여 그 모양새를 완제품에 가까운 형태까지 완성시킨다. 제질작업으로 완제품 형태가 이루어지면 우개리를 전체적으로 고루 달구고 빠른 동작으로 전체를 준비된 냉각수(찬물)에 넣어 열처리를 하게 되는데 이를 담금질이라고 한다. 담금질을 하면 늦쇠 특유의 성질이 나타나는데 담금질 뒤

에는 낫쇠의 경도와 인성이 낮아져 그 질이 연하게 된다.

(8) 벼름질

담금질한 물체는 담금질 할 때의 그 모양이 다소 꼬이고 비틀리는 등 변형되며 이 변형된 재료를 바로잡는 작업을 벼름질이라고 한다. 이 작업은 앞망치가 하게 되며 별도의 작업장이 필요하다. 담금질이 재료를 연하게 하기 때문에 이 작업은 불에 달구지 않고 상온에서 실시하며 변형된 부분을 모루 위에 놓고 벼름질 공구로 쳐서 똑바로 만든다. 이 벼름질에서는 특히 고도의 기술이 필요하다. 특히 전통 악기인 징, 팽과리, 운라 등의 특유한 소리는 벼름질로 잡는데, 오랜 경험으로 소리를 들어가며 작업을 해야 악기로 사용할 수 있다.

(9) 가질

벼름질이 끝난 재료에는 산화피막이 형성되어 있고 흠이 나 있어 이러한 것을 제거해 낫쇠 특유의 색이 나오도록 표면 전체 또는 그 일부를 깎아 내는데 이 작업을 가질이라고 한다. 가질에는 네뿔가질과 원가질의 두가지가 있는데, 원가질을 할 때 깎기 힘든 부분은 칼대를 이용해 굽거나 깎아 내는 작업을 네뿔가질이라고 한다. 네뿔가질이 끝난 재료는 원가질 대장에게 넘겨지는데, 원가질대장은 가질틀에 재료를 끼워 고정하고 회전틀의 줄을 밟아 돌리기도 하지만 설펍치꾼이 돌려 완성하기도 한다. 요즈음은 기계로 돌린다.

(10) 칼대 칼갈이

현재에는 칼대에 절삭용 바이트 덩을 붙여서 세워 사용하지만 예전에는 줄쇠(탄소강)로 날을 만들어 솟돌에 갈아 사용했기 때문에 얼마 쓰지 않아 날이 무뎠다. 이런 까닭에 가질대장이 가질작업을 할 때 그 옆에서 갯망치가 칼대날을 철틈없이 날을 갈아 가질작업을 돕는다.

2.3. 방짜유기의 금속학적 고찰

방짜유기의 각 제조공정별 기계적 성질의 변화는 주조상태(바둑)의 경도는 8.97HRF로 낮게 나타났지만 가공이 계속 진행됨에 따라 점점 증가하여 최종제품의 경우 16.33HRF로 주조상태의 경도보다 거의 2배정도 높게 나타났다. 인장강도의 경우는 경도의 경우보다 그 증가폭이 더욱 커서 주조상태의 인장강도는 15.44Kg/mm²정도였으나 최종제품의 경우 76.4Kg/mm²으로 인장강도의 급격한 증가가 생겼다. 연신율의 경우는 경도와 인장강도와는 달리 가공을 거듭할수록 연신율은 감소하여 최종제품의 경우 0.14%로 낮게 나타났다.

주물유기의 기계적 성질과 비교해 볼 때, 주조상태에서는 주물유기의 금속학적 고찰에서 설명한 것처럼 주물유기의 기계적 성질이 더 우수하지만 가공을 할수록 방짜유기가 주물유기보다 기계적 성질이 훨씬 더 우수해짐을 알 수 있다. 이처럼 방짜유기가 제조공정을 거듭할수록 기계적 성질이 우수해지는 까닭은 바로 가공경화(work hardening)현상 때문이다.

각 공정별로 기계적 성질의 변화가 뚜렷히 나타나는데 이에 따른 조직의 변화도 각 공정별로 뚜렷하게 나타난다. 먼저 주조상태를 보면 전반적으로 α -dendrite조직이 많이 나타나며 β 상은 많지 않다. 방짜유기의 바둑은 어느 정도의 두께를 가지고 있으므로 α -dendrite의 응고방향이 냉각방향과 동일하게 나타나며 2차 수지상정의 크기도 주물유기와는 달리 크게 발달한 것을 알 수 있다. 압연상태가 되면 압연방향에 따라 α -dendrite가 서로 평행하게 배열되고 있으며 주조상태보다 α -dendrite의 양이 감소하였고 반면에 β 상이 더 많이 나타났다.

방짜유기에서의 압연형태는 열간압연으로 바둑을 제조하고 뜨거운 상태에서 압연을 하므로 Sn의 양이 많은 β 상에 존재하는 Sn원자나 α -dendrite주위에 과포화되어 있는 Sn원자들이 높은 온도로 인하여 α -dendrite의 내부로 확산이 일어나서 이와 같은 현상이 나타나게 된다.

각 수지상정에는 쌍정이 나타나는데, 쌍정은 어떤 격자가 전단응력(shear stress)을 받아 형성되는데 한개의 입내에서 명암을 달리하는 규칙적이고 바른 대상(帶狀)으로 나타난다. 이러한 쌍정은 기계적 변형에 의해 생길 수도 있고 소성변형 후에 열풀림 할 때 생기기도 하는데 앞의 경우는 기계적 쌍정(mechanical twin)이라 하고 뒤의 경우는 어닐링 쌍정(annealing twin)이라고 한다. 사진과 같은 것은 압연으로 인하여 종단면의 dendrite가 압축 응력을 받게 됨에 따라 생성되므로 기계적 쌍정이라 할 수 있다. 쌍정이 형성되면 쌍정의 경계면 즉 쌍정면을 중심으로 모결정(母結晶)의 영상(影像)이 형성되어 양쪽면의 결정방향이 다른 것이 특징이다.

쌍정은 쌍정이 발생한 시료를 시료대사에 올려 놓고 회전시키면 명암이 역전되어 쌍정면은 각 결정축의 방향에 따라 다르게 나타나고 동일쌍정에 있어서는 서로 평행하게 관찰된다. 따라서 본 실험에서도 동일하게 서로 평행한 쌍정면이 나타나고 방향성이 없으며 결정의 구조가 다르기 때문에 부식되는 정도도 달라 색이 달라지게 된다. 단조(forging)한 상태에서는 α -dendrite의 양은 더욱 감소하였고 반면 β 상은 더욱 많아졌다. 이 단조작업도 역시 압연의 경우와 같은 원리로 고온에서 단조작업을 하기 때문에 원자의 확산으로 dendrite의 양은 적어졌으며 dendrite의 내부도 쌍정(기계적 쌍정)이 존재한다. 최종제품의 조직에서는 α -dendrite는 더욱 감소하였고 dendrite내부의 쌍정이 없어진 것을 확인 할 수가 있다. 이것은 열간단조가 끝난 뒤 바로 급냉하고 유기의 표면 불순물(산화물)을 제거하여 깨끗한 표면을 얻기 위하여 소금물을 묻혀 높은 온도로 가열하는 과정에서 Sn원자의 확산과 풀림현상이 생기기 때문이며 최종제품의 기계적 성질이 더욱 우수한 것은 가열 뒤에 바로 냉수에 담금질(quenching)을 하기 때문이다.