〈기술자료〉

21세기 유동상로 열처리 기술의 발전 전망

Fluidized Bed Furnace : Challenges for the Next Century

- 정리 : 부경대학교 김한군, 정태영
Han-Goon Kim, Tae-Young Chung

1. 시작하면서

염욕열처리를 대신하는 열처리법으로서 유동상 열처리가 1982년경 도입되어 최근 넓게 보급되고 있다. 염욕열처리는 많은 이점을 가지면서 염욕증발가스, 공장배수, 염욕 산업폐기물 등의 공해 대책의 번잡함 때문에 해가 갈수록 감소하고 있는 것은 이미 잘 알려져 있다.

염욕로는 포트(Pot)에 내장한 염욕제의 종류를 온도나 목적에 따라 바꾸면 퀜칭, 템프링, 침탄, 연질화에 사용할 수 있고, 또는 냉각제로서 사용되는 경우에는 마르퀜칭, 오스템프링도 가능하다. 유동상로는 포트에 내장된 열매체 알루미나는 바꾸지 않지만 들여보내는 가스의 종류를 바꿈으로써 퀜칭, 템프링, 침탄, 연질화, 질화, 오스템프링, 마르퀜칭등의 다목적 열처리가 가능하다.

용도별로 본 차이점은 주로 다음 2가지가 있다. 염욕로의 경우에는 연질화용의 염욕제는 있어도 경질화용 염욕제가 없기 때문에 질화처리가 불가능하다. 유동상로에서는 유동화 가스에 NH_3+N_2를 사용하는 경질화처리가 널리 사용되고 있다. 또 염욕로에서는 고속도강의 퀜칭(1200~1300℃)이 이루어지고 있지만 유동상로에서는 일반적으로는 최고 사용온도를 1100℃로 제한하고 있어서 고속도강의 퀜칭용으로는 어렵다. 왜냐하면 염욕로는 전극 가열식이고, 알루미나질 내화 벽돌로 축조한 벽돌포트를 사용하기 때문에 1300℃에서도 충분히 견딜 수 있다. 유동상로는 히터의 외부가열식으로 금속포트를 사용하기때문에 1200℃의 온도에 견딜수 있는 금속을 만족시키기가 어렵다. 이와 같이 유동상 열처리로는 광범위한 목적의 열처리에 적용 가능하기 때문에 작업내용에 적당한 방법을 사용하면 효율적이다. 여기서는 유동상 열처리의 장점과 앞으로의 과제 등에 대하여 소개 하고자한다.

2. 유동상의 시스템

유동상 열처리로는 포트의 저부에 가스 분산판을 설치하고 그 위에 알루미나의 조립자를 깐다. 거기에 알루미나의 미분말을 들여놓고 가스 분산판을 통해서 가스를 흡입하면 알루미나 미분말은 조금씩 분리되고 10%정도 체적이 증가, 움직이기 시작해서 교반되는 상태가 된다. 즉 적당한 가스유량과 가스압에 의해 포트내는 마치 비등한 액체와 같은 상태가 된다. 이 상태가 유동상이다. 유동화 가스의 필요로하는 압력은 유동층의 높이의 의해 결정되고 유량은 유동상 포트의 직경에 의해 결정된다.

3. 유동상 열처리로의 구조

유동층의 원리를 염욕로와 같이 정리한 것이 Fig.1에 나타낸 유동 열처리로이다. 구조는 증류기(retort)외주에 히터, 그 외부가 내화단열재, 로틀의 철판으로 구성된 외부가열식 전기로이다. 가스버너 가열방식도 있는데 미국에서는 대형로에 많이 적용되고 있다. 증류기 저부에 설치된 가스 분산판은 중요한 역할을 하는 곳으로 제조업체에 따라 상당한 차이가 있다. 중요한 점은 각종 들여보내진 가스가 일정한 가스압, 유량과 함께 증류기내에 균일하게 분산해서 온도분포와 가스농도가 양호하지 않으면 안 된다. 열매체는 알루미나 100%, 또는 알루미나 80%에 실리카겔 20%가 사용되고 있다. 알루미나는 용융점이 2050℃로 상당히 높다. 염욕

[그림, 표 (유동상로)]

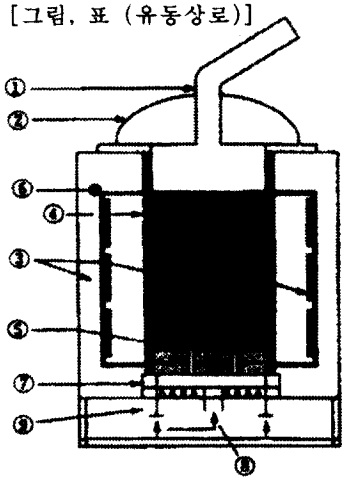

Fig. 1 유동상로의 구조

제는 용융점이 종류에 따라 최저 140℃에서 최고 960℃까지이다. 알루미나는 산, 알카리에 침식되지 않고 상당히 안정해서 전혀 공해가 없다.

4. 유동상 열처리의 장점

(1) 다목적 용도

유동상 열처리는 사용온도 범위가 넓고 고온의 무산화 퀜칭으로부터 저온 템퍼링까지 사용 가능하다. 또 유동화 가스를 자유롭게 선택하면 여러 가지 용도의 열처리가 가능하다. Table. 1에 열처리의 용도에 따른 가스 사용 법을 표시하고 있다.

Table. 1 열처리의 용도에 따라 사용되는 가스

열처리의 종류	유동화가스
중성퀜칭가열	N_2
템프링	N_2 또는 Air
산화방지가열	N_2
침 탄	$N_2 + C_3H_8$
침탄질화	$N_2 + C_3H_8 + NH_3$
질 화	$N_2 + C_3H_8$
연질화	$N_2 + C_3H_8 + NH_3$

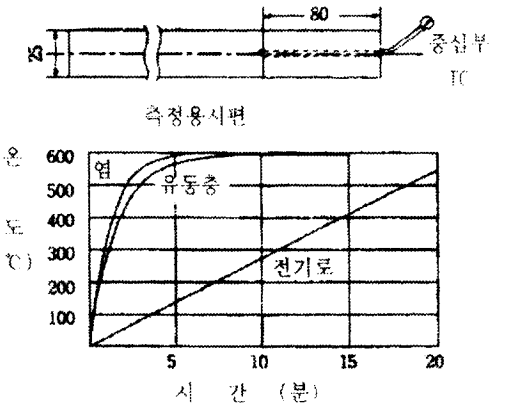

Fig. 2 로의 종류에 따른 가열속도

(2) 급속가열

알루미나 유동상로는 염욕과 비슷하게 열용량이 크기 때문에 처리물의 가열속도가 특히 빠르다. 알루미나의 충진비중은 1.8, 비열은 0.25로서 염욕과 비슷하다. 그 가열속도의 측정결과를 Fig. 2에 나타낸다. 유동상로는 14분만에 설정온도에 도달하고 있다. 고온이 되면 열 전달속도가 훨씬 빠르기 때문에 통상의 퀜칭 가열시간은 15분/25㎜를 표준으로 하면 좋다(850℃시).

(3) 급속질화 및 얕은 침탄깊이

질화에서 중요한 것은 처리물의 표면에서 NH_3가스가 분해해서 발생기의 질소가 공급되는 것이다. 유동상로에 의한 질화는 알루미나 입자(연마재의 원료이기도 함)가 처리물의 표면을 유동하면서 리프레쉬하며, 강한 가스유동의 상승작용에 의해 질화속도가 빨라져서 보통의 암모니아 질화 처리시간의 1/2이하로 처리가 완료된다.

침탄 퀜칭에서는 0.1㎜의 얕은 침탄층에서부터 0.2㎜의 깊은 침탄층까지 처리 가능하다. 침탄질화를 810℃×1min처리한 후 유냉하여 침탄층 0.09㎜가 얻어진 단시간 침탄질화 퀜칭시킨 경우의 실예도 있고, 가스침탄이면서도 액체침탄질화와 비슷한 처리로 불균일한 침탄이 생기지 않는다. 유동상로의 경우는 침탄온도까지 N_2가스분위기로 가열하여서 침탄가스를 도입한다. 이때 유동층은 불과 1~2분만에 전체가 균일한 침탄가스 분위기가 된다. 따라

서 단시간 처리에서도 불균일한 분포상태는 거의 일어나지 않는다. 물론 깊은 침탄퀜칭의 경우는 보통의 가스침탄로와 같이 930℃에서 침탄, 확산처리하여 850℃까지 온도를 내려서 유냉하면 좋다.

(4) 온도분포

레토트 저부의 가스 분산판과 분산판의 역할을 하는 거친 알루미나층을 통과한 유동화 가스에 의해 알루미나 입자가 유동 교반되기 때문에 온도분포는 ±5℃ 이내로 극히 양호하며 열처리한 제품의 품질이 균일하게 된다.

(5) 후처리

염욕처리는 중성염 중에 존재하는 무수염화바륨이 물에 난용성이므로 이때 부착된 염과 퀜칭유가 처리물에 붙어 세척탈지가 어렵게 된다. 만약 잔존염이 존재하면 녹의 발생원인이 된다. 유동층도 평평한 부분은 잔존하는 물질이 부착하지만 염에 비교하면 후처리는 용이하고 녹의 발생도 없다.

(6) 퀜칭가열 후의 냉각제

퀜칭균열을 방지하고 퀜칭변형을 적게하는 방법으로서 마르퀜칭, 오스템퍼링 등의 열욕 퀜칭이 넓게 사용되고 있는 것은 이미 알려져 있지만 그 냉각제로서 질산계 염(용융점 140℃)과 저온 염화물계 염(용융점 430℃)이 주로 사용되고 있다. 유동층도 냉각매체로서 유효하지만 퀜칭유나 염에 비교해서 냉각속도는 약간 떨어지지만 공냉보다는 훨씬 빠르며, Fig. 3에 그 냉각곡선을 나타낸다. 따라서 SKD 61과 같은 공냉강은 유동상 냉각로에 의해 냉각하면 산화되지 않고 양호한 퀜칭을 할 수 있다. 또 질화나 연질화 후의 냉각은 그다지 급속냉각을 필요로 하지 않기 때문에 유동층 냉각으로 충분하다. 공구강이나 침탄강 등은 가열후에 유냉을 실시하지만 그 때 처리제품의 위에 부착된 알루미나 입자는 퀜칭유조에서 가라앉게 된다. 유동상로에서 가열하여 유동층 냉각로에서 냉각 할 수 있는 것은 알루미나 입자의 반입이 문제되지 않기 때문에 가장 적당한 처리방법이라 할수 있다.

참고로 유동층 냉각과는 별개로 염을 이용한 냉각제를 언급한다. 최근 공해관계의 법규제가 강화되어 질산계 염 중에 함유된 KNO_3, $NaNO_2$, $NaNO_3$가 소방법에 따라 위험물류로 지정되어서 그 취급상 각종 제약이 따른다. 또 질산계 염의 위험물의 판단 시험방법도 변하고 시험하는 업체에 따라 전혀 다른 결과가 나오는 경우가 있다. 형상이 고체형상에서는 비위험물이고 분말상에서는 위험물이라는 물의를 빚고있는 실정에 비추어 다소 이상한 규제가 되고 있다. 또 공장배수에서 $NaNO_2$(아질산소다)를 포함한 질산계 염을 사용하는 세척수조에서는 COD(화학적 산소요구량)의 값이 상승한다. COD치는 수질 오탁 방지법(또는 하수도법)에 의해서 배수기준치가 결정되고 있다. 이 값은 각지방 자치단체에 따라 다르고 또 1일 배수량이 적은 공장은 적용되지 않는 경우도 있다. 규제치를 넘는 경우에는 하수처리장치를 설치하든지 하여 대책을 세우지 않으면 안된다.

미국의 유동상 열처리로 업체인 Procedyne사에서는 헬륨(He)가스를 사용한 유동측 냉각기술이 광범위하게 사용되고 있는 것으로 알려져 있다. He가스의 열전도도는 N_2가스의 6배로써, 퀜칭 시작 할 때 단시간 He가스로 냉각하고 그 후는 N_2가스로 냉각한다고 한다. 우리나라와 일본과 같은 지역에서는 He가스가 고가이기 때문에 실용화되기가 어려울 것으로 생각된다.

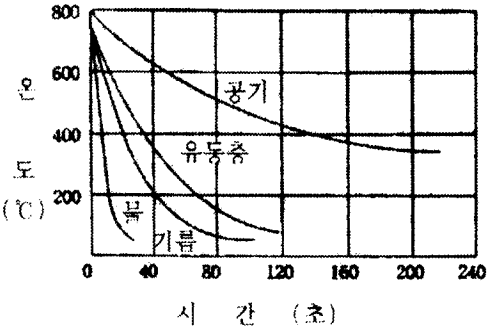

Fig. 3 냉각매질에 따른 냉각곡선 (16φ중심부)

(7) 안전성 및 운전조작

알루미나 입자는 독성, 부식성이 없는 무공해이다. 산업폐기물상 어떤 규제도 없다. 단 질화나 연질화처리에는 질소원으로서 NH_3가스를 사용하기 때문에 이것이 독극물로 규정되어 있어서 전혀 무공해라고는 말할 수 없을 것이다.

처리물에 다소 수분을 포함하고 있어도 염과 같이 폭발을 일으키는 경우는 없다. 운전조작도 비교적 단순하기 때문에 위험성이 거의 없다. 유동상로의 능숙한 취급자가 되기 위한 특별한 기술은 그다지 필요하지 않다.

(8) 경제성

동일한 일량으로 비교할때 유동상로는 다방면에 걸쳐서 사용할 수 있고 초기비용은 가장 싸다. 운전경비에 대해서도 열효율이 좋고 급속한 가열에 의해 처리시간이 단축되기 때문에 상당히 경제적이다. 분위기 가스의 변환은 불과 2~3분만에 완료되며, 침탄 및 질화속도가 빠르고 처리 중단시에는 유동화가스를 공기로 바꾸어 놓는 것, 퀜칭까지의 승온은 공기 속에서 이루어지는 것 등 이것들은 모두 유동층에 있어서의 운전경비를 낮추는 요소가 된다.

5. 유동상 열처리의 문제점

유동상 열처리의 장점을 설명했으나 어떤 열처리로에도 장점과 단점이 있어 만능이라고는 할 수 없다. 유동상 열처리의 문제점과 앞으로 과제에 대하여 정리해보면, 유동상로에 침적된 처리물은 가열후 로에서 꺼내어 냉각시킨다. 이 사이 불과 10~20초 동안 공기에 접촉해서 산화된다. 염욕로의 경우에는 처리물에 부착된 염이 공기를 차단하기 때문에 거의 산화되지 않는다. 열처리 후의 연마나 버프 처리 등을 실시하면 문제가 없지만 어떻게 해도 어느 정도의 산화를 피하는 것은 불가능하다.

또 유동상로의 retort에 Incohnel사의 Incohnel 601이라는 Ni합금을 사용하면 고온사용시의 내구성에 문제가 있지만 세라믹계의 재질로 바꾸어서 저부의 분산판과 세트시키면 고속도강의 퀜칭에 사용가능하다. 또 다이스강이나 마르텐사이트계의 스텐레스강 등의 퀜칭가열전용로로서 사용하는 경우에도 retort의 수명이 1~2년 정도에 불과하기 때문에 기술향상책이 과제로 남게 된다. 특히 대형로의 경우 retort의 변형에서 오는 균열이 생기기 쉽다. 가스버너 가열방식의 대형 유동상 열처리로가 등장하여 1000φ×2000H, JEJ-FIRE라는 명칭으로 상품화되어 있으며 retort와 내화물을 연구해서 retort의 팽창을 억제하는 메카니즘으로 특허가 취득되어 있다.

retort저부의 분산판을 통해서 보내지는 유동화가스에 의해 알루미나는 균일하게 교반되어 유동하지만 로 덮개의 배기통에 의하여 로의 주변에 알루미나가 비산하게 된다. 이러한 알루미나 미분말의 회수나 배기방법이 점차 진보되어 왔다. 배기통에서 집진장치를 통해 일부 회수하고 남은 부분은 건식 스크랩으로 제거하면 상당히 효과적이다. 회수한 알루미나는 재차 retort에 넣어서 사용한다. 또 비산 방지대책으로서 retort의 상부의 형상을 경사를 주는 방법도 있다. 또는 비산방지의 근본대책으로서 열매체를 개선시키는 방법이 이루어지고 있다. 알루미나 미분말 100%로 #100전후의 것이 사용되고 있던 것을 입자의 형상을 구형으로 하고 알루미나에 실리카겔(SiO_2)를 20% 전후 함유한 것 등을 사용함으로써 비산이 상당히 줄일 수 있지만, 이렇게 하면 가격이 배로 증가하는 단점이 있다.

분산판을 통해서 알루미나를 송입하는 각종 가스의 소비량이 크기 때문에 가능한 한 적게 해서 보다 비용감소를 도모하는 대책이 요망된다. 가스의 유량은 retort의 직경으로 결정되기 때문에 유동상로의 효율성을 생각하는 경우 직경은 가능한 한 적게 하고 깊이를 깊게 한다.

질소가스를 사용하는 경우, 소량 사용 시에는 옮길수 있는 형태의 용기에 넣은 산화질소(충진률 116kg)를 사용하고 소비량이 많은 곳은 고정식의 저장탱크(2000~5000kg)를 사용한다. 이 콜드 에버

포레터는 가스업체에서 빌려서 사용되고 있고 탱크로리차에서 대량으로 보충하기 때문에 가스비용이 크게 줄어들어 약 1/2정도로 된다. 더욱 다량의 N_2가스를 사용하는 장소는 질소가스 발생장치를 설치하고 있는 곳도 있다. 이것은 공기를 원료로서 질소가스를 만들기 때문에 한층더 싼 N_2가스를 이용할수 있다.

유동가스로서 사용한 후 로덮개 배기통으로 대기중에 배출하는 가스를 팬으로 순환시켜 다시 이용함으로써 가스나 열에너지를 절약 할 수 있는 대채장치를 구비한 유동상 열치리로도 있다.

자동차부품과 같이 동일한 형상을 갖는 것이나 같은 열처리조건의 것을 대량으로 처리하는 경우에는 전자동연속 열처리로나 대형 올케이스 가스침탄로를 여러 대 사용해서 24시간 가동하여 연속처리시킨다. 유동상로도 횡으로 여러대를 설치해서 자동 반송장치로 출입을 자동화해서 예열, 가열, 퀜칭, 템프링등의 양산품을 열처리하고 있는 곳도 있다. 그럼에도 불구하고 유동상로는 염욕로와 비슷한 배치(batch)처리방식이기 때문에 양산품의 처리용 로에는 적합하지 않은 것으로 생각된다.

유동상로는 가스의 전환이 빠르고 모든 열처리의 처리시간이 짧아 좁은 곳에서도 자유롭게 회전할 수 있는 로이다. 이 장점을 활용하면 자연히 소형롯드나 다품종에 최적의 로가 될 수 있다. 이것은 필요로 하고 있는 시간까지 신속하게 납품할 수 있기 때문이다. 1대의 로에서 여러 가지 열처리가 가능하기 때문에 연구소, 공업시험소, 대학의 연구실 등의 시험연구용으로서도 최적의 로이다. 유동상 열처리로를 설치 하고자 할 때 이러한 상이 중요하고 양산품을 처리하고 있는 공장에도 이 유동상로의 장점을 이용하여 연속로의 옆에 1기나 2기 정도 설치하면 반드시 도움이 될것으로 생각된다.

6. 유동상 열처리의 특수용도

도요다 중앙연구소가 개발한 TD프로세스는 붕사베이스 염 중에 Fe-V 등의 철합금분말을 첨가한 염욕제를 사용한 염욕로에서 처리한다. 금형 등을 이 염욕에서 처리해서 표면에 탄화물이나 탄질화물의 피막을 형성시켜, 그 후 퀜칭하면 내마모성, 소착이 현저하게 향상되어 넓게 실용화될 수 있다.

최근에는 이러한 방법으로 염욕법에서 유동상법으로 점차 변해가고 있다. 새롭게 개발된 유동상로를 사용한 방법은 retort내에 분말과 철합금분말을 내장시켜 반응촉진제를 사용해서 아르곤가스로 유동시킨다. 피처리재의 내마모성과 소착은 염욕법과 같은 결과가 얻어지는 것으로 알려져 있다. TD프로세스 완료 후에는 퀜칭 및 템프링 처리하지만, 염욕에서와 같은 세정이 필요없기 때문에 단시간에 끝낼수 있는 등 유리한 점이 많다. 이 분야에서도 유동상로의 발전이 기대된다.

피아노선의 제조공정 중에 선재를 900℃정도로 가열해서 500℃의 연욕(鉛浴) 또는 염욕 중에서 퀜칭해서 솔바이트 조직으로 한다. 이 퀜칭을 파텐팅이라 하고 초대형로 2기를 나란히 설치하여 감아서 꺼내는 장치로서 연속처리하고 있지만 연욕은 중금속으로 독성이 높은 공해물질이다. 그러나 현재에도 대기업에서 사용되고 있는 실정이며, 또한 이 염욕도 위험물로 지정되어 있다. 피아노선 업체로서 보면 각각 장점과 단점이 있는 것으로 만약 한쪽을 선택해야한다면 염욕쪽이 결점이 많다고 생각된다. 최근 이러한 분야에도 유동상로가 검토되어 일부채용되고 있으며 미국에서는 일찍이 공업화되어 있다.

새로운 형태의 석탄 화력발전 시스템으로서 전력회사와 중기 업체가 공동으로 가압유동층(PFBC)복합발전 시스템을 개발해서 이미 공업화 단계전의 실험프랜트가 완성되어 전력회사에서 테스트중이라고 한다. 종래의 석탄분탄 발전보다 약 10% 정도 효율이 높은 발전 시스템이 실현됨으로써 산성비의 원인이 되는 SOx나 NOx 등의 산화물이나 지구를 온난화시키는 CO2의 대폭적인 감소가 기대되고 있다. 지구의 미래를 위해서도 21세기의 이

상적인 화력발전으로 주목이 집중되고 있다. 이 가압 유동상 복합발전 시스템의 기초 시험장치로서 유동상 열처리로가 1992년에 도입되어 현재까지 가동되고 있다. 이와 같이 유동상 열처리 기술은 넓은 분야에 걸쳐서 폭 넓게 응용되기에 이르렀다.

7. 유동상 열처리의 실용예

7.1 무산화 퀜칭

유동상로의 가열은 처음에 공기를 보내면서 승온시키고 소정의 퀜칭온도 850℃가 되면 질소가스로 대체시킨다. 2~3분 사이에 질소가스 분위기로 변화된 후 치구에 넣은 처리품을 투입한다. 이때 부품을 미리 예열해 두면 더욱 좋다. 순간적으로 약간 온도저하가 있고 그 후 상승해서 850℃가 된다. 이때부터가 퀜칭 유지시간이 된다. 유지시간이 끝나면 부품을 끌어올려 유냉한다. Fig. 4는 무산화 퀜칭시의 히트사이클이다.

사용로 : TM-3540
처리물 : 부싱
Charge량 : gross 60kg
재 질 : SUJ-2

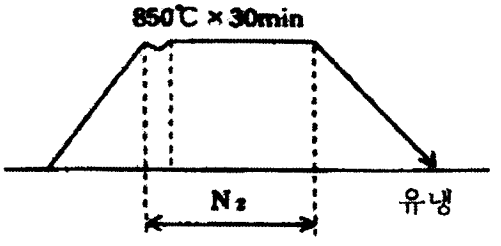

Fig. 4 무산화 퀜칭

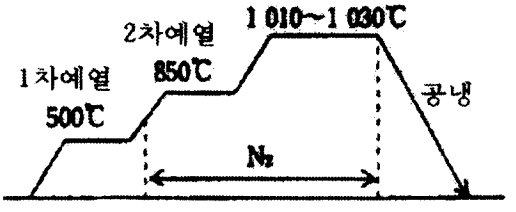

Fig. 5 다이스강의 퀜칭

가스유량 : 공기 5.5㎥/h
(850℃) 질소 6.3㎥/h
가스압 : 0.35kg/㎠G
HRC 62

완료된 제품의 색깔은 검은 편이지만 표면탈탄은 전혀 없었다.

다음에 유동상로에 의한 다이스강의 퀜칭방법을 Fig. 5에 나타내고있다.

7. 2 침탄과 침탄질화

침탄퀜칭은 Fig. 6에 나타낸 패턴으로 이루어진다.

저온침탄의 경우는 Fig. 7에 나타낸 패턴이다.

유동상로에 의한 침탄온도-시간-전침탄깊이와의 관계를 Fig. 8에 나타내며, 처리결과의 실예를 아

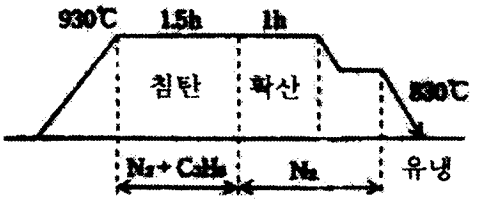

Fig. 6 침탄 퀜칭

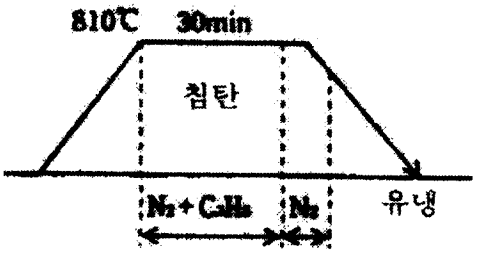

Fig. 7 저온침탄 퀜칭

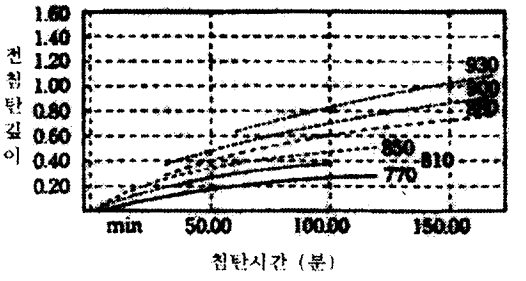

Fig. 8 유동층로에 의한 침탄온도-시간-전침탄깊이의 관계

래에 나타낸다.

사용로 : FC-5080
재질 : SCM 415
처리량 : 300kg (gross)
침탄가스유량 : 질소 11㎥/h
프로판 4㎥/h
확산가스유량 : 13 ㎥/h

7. 3 연질화

연질화의 처리결과를 Fig. 9에 나타낸다.

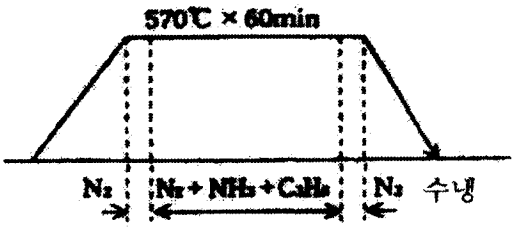

Fig. 9 연질화(SPC)

사용로 : TM-3540
재 질 : SPC
처리물 : 카메라부품
Charge량 : gross 60kg
재 질 : SUJ-2
가스유량 : N_2 4.5㎥/h
NH_3 4.5㎥/h
C_3H_8 1㎥/h
화합물층 : 8~10㎛
경 도 : HV 500~530

다이스강의 연질화 처리결과를 Table. 2에 나타낸다.

Table. 2 연질화(SPC-61)

처리시간 (시간)	1시간	2시간	3시간
표면경화 (HV)	1064	1097	1097
화합물층 (㎛)	5	7.5	10
질화층 (㎛)	60	80	100

사용로 : TM-2030
재질 : SKD 61
처리물 : 테스트피스
가스유량 : N_2 1.2㎥/h
NH_3 1.2㎥/h
C_2H_8 0.5㎥/h
냉각 : 유냉

7. 4 질 화

최근 알루미늄재 압출금형, 단조금형 등 암모니아 질화처리의 효능이 재인식되어 용도가 확대되고 있다. 사용자의 품질에 대한 요구는 보다 한층 엄격해 지고 있고 치수오차에 관해서도 종래의 기준이상으로 정밀한 부품을 요구하고 있기 때문에 한층 더 금형의 마모 경감대책이 중요한 과제가 되고 있다. 이들의 금형은 QT처리후 최초에는 염욕 연질화를 사용하여 금형의 수명연장을 도모하였다. 현재에도 여전히 사용되고 있기는 하지만 대부분은 가스질화로 대체 되었다. 최근에는 이 가스질화를 유동상로에 처리하는 경향이 증가하고 있다. 한번에 5~15회정도 반복해서 질화처리를 해서 사용하고 있기 때문에 질화처리량은 대단히 많다.

유동층에 질화에 사용되는 유동가스로서는 암모니아질소의 혼합가스가 사용된다. 질화처리에 의해 처리물표면에 백층이라고 하는 철과 질소의 화합물이 생기기 때문에 질화후 확산처리를 실시하고 이것을 분해 확산시킨다.

급속질화에서 나타낸 바와 같이 유동층에 의한 질화속도가 비교적 빠르기 때문에 질화처리가 단시간에 완료된다. 또 부동태 피막이 존재하는 스텐

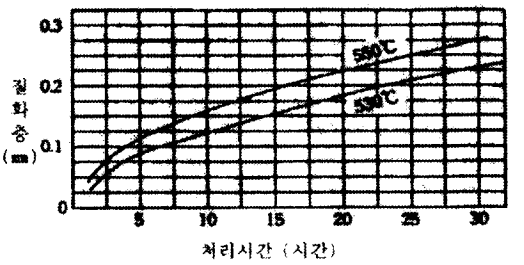

Fig. 10 SKD-61 질화층과 처리시간

레스강에 대해서도 알루미나가 표면을 연마하는 역할을 해서 상당히 균일한 질화경화층을 형성시키는 것이 가능하다.

처리시간과 질화층의 관계를 SKD 61에 대해서 Fig. 10에 나타냈다.

사용로 : FC-5090

재 질 : SKD 61

유동화가스 : N_2+NH_3

처리온도 : 530℃-K=0.04

550℃-K=0.05

질화깊이 : $K\sqrt{시간}$

SKD 61의 금형을 질화깊이 0.1㎜(HV 600이상)로 할 때의 질화방법을 Fig. 11에 나타낸다.

사용로 : 형식 FC-80120

재 질 : SKD 61

처리물 : 압출금형

유동화가스 : N_2 35㎥/h, NH_3 35㎥/h

(확산 N2 70㎥/h)

냉 각 : 유동층냉각

Running : NH_3 105㎥, N_2 245㎥

Cost : 전기 225KWh

표면경화 처리의 배기가스 처리는 파이로트 버너에 의한 연소만으로 별 다른 문제가 없다. 침탄질화나 연질화 등의 처리시에는 초기에 프로판 가스를 통과시키고 배기가스가 연소하게 될 때부터 암모니아를 도입한다. 이러한 순서로 가스를 통과시키면 NH_3 냄새는 없다. 정지시키는 경우에도 암모니아, 프로판 순으로 정지시킨다.

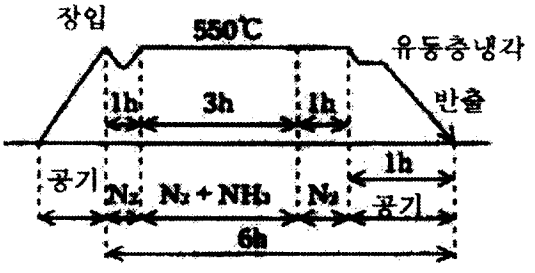

Fig. 11 SKD-11 금형의 질화

질화의 경우, 유동화가스는 N_2+NH_3이고 파이로트 버너만으로는 잘 연소하지 않기 때문에 배기중에 소량의 프로판을 통과시킨다. 이처럼 배기가스를 완전히 처리 할수 있으면 NH_3냄새가 없는 무공해 열처리라 할 수 있다.

8. 마무리하면서

지금까지 유동상 열처리의 원리, 장점, 문제점, 실용화예 등에 대해서 나타내었으나, 앞으로의 문제로서 증류기(retort)의 고온 내구성을 향상시키기 위한 재질과 설계면에서의 검토, 알루미나 미분진의 비산방지 대책의 강구, 유동상 열처리로의 로덮개 자동개폐 장치와 워크 자동반송장치의 운동시스템의 실용화의 보급이 요망된다. 또 조업비용면에서는 유동화 가스 소비량의 저감대책, 알루미나 입자 이외의 열매체의 개발이 기대되고 있다. 또 소프트면의 응용에서는 유동상 냉각로로서 마르퀜칭, 오스템프링 등의 열욕 퀜칭에 사용해서 기존로와의 병용도 가능하고 또 새로운 열처리 프로세스나 복합열처리의 대체 등으로의 발전도 기대된다.

유동상 열처리의 우수한 특성을 활용하면 상당히 편리한 열처리가 가능할 것으로 생각되며, 앞으로 이러한 분야에 대한 많은 발전이 기대되고 있다.