기술토픽

先端熱處理 프로세스의 現狀과 課題

Present State and Theme of Advanced Heat Treatment Process

김경식
천안공업전문대학 열처리과

요 약

우주항공시대에 본격적으로 진입하면서 새로운 기능을 갖는 신소재를 성공적으로 개발해 내고 있는 선진국에서 활용 개발하고 있는 열처리 프로세서의 현상과 보다 연구개발되어야 할 열처리 분야의 과제에 대해 소개하므로써 국내 열처리 분야의 진로에 도움이 될 내용이 제시되었다.

1. 서 론

우주시대, 원자력 시대라고 말할 수 있는 오늘날의 물질문명은 適材適所의 금속재료 활용없이는 불가능하다. 보다 더 고성능을 갖는 금속재료에 대한 요구가 높아감에 따라 금속재료가 지녀야 할 성질도 보다 엄격한 범위의 성능을 유지하도록 요구하고 있다. 이러한 성능과 성질을 조절할 수 있는 방법중 금속재료의 死活을 제어하는 것은 열처리라고 생각해도 과언이 아니라고 생각된다.

그간 우리나라의 열처리 산업도 60, 70 년대의 기능집약적 산업구조에서 80 년대 기술집약적 산업구조로 크게 발전하였지만, 선진국에 비해서 낙후된 두뇌집약적 열처리 분야에 도움이 되리라 생각되어 1989 년 12 월에 개최된 제 1 회 SAMPE 先端材料技術 國際會議에서 논의된 "先端材料·技術의 今日·明日"이라는 토픽에서 열처리 분야의 핵심사항을 5 개 부분으로 나누어 주제별로 소개한다.

2. 熱處理의 物理冶金學

열처리의 물리야금학이란 가열, 냉각, 항온 유지하는 동안에 일어나는 상변태, 응력제거, 경화능, 석출, 뜨임 및 변태 생성물의 농도문제, 또한 강도, 연성, 인성 및 그밖의 역학적·기계적 성질, 혹은 조직과 성질의 상호관계등의 이론적 또는 기술적 문제를 총괄·포함하는 것이다. 물론 이 분야에서 분리하여 언급하지 않은 것으로 pearlite 변태, bainite 변태 또는 martensite 변태등 미해결인 문제가 산적해 있다. 또한 강의 가공열처리에 대해서도 시작할 때의 조직, 열간가공·냉각변태에 의한 최종조직 및 이 조직에 의해 추정되는 역학적·기계적 성질 등. 지금부터라도 해결하여 수식화하지 않으면 안되는 것들이 많다. 또한 특히 재결정이나 상변태할 때의 핵생성·성장이나 austenite粒徑 등에 대해서는 어려운 문제가 남아있다고 생각한다.

austenite가 가공경화하고 있는 것에도 주의할 필요가 있다. martensite변태는 강에서 발견되어 진보·발전함으로써, 硬하고 강한 조직을 바탕으로 구조용 재료로서 중요하지만, 일본 및 그밖의 선진제국에서는 鋼에 관한 한 실용적으로는 상당히 매력을 잃고있는 추세이다. 그러나 비철금속합금이나 세라믹의 martensite나 열탄성 martensite(形狀記憶合金)의 방면으로 전개되어 크게 발전중이다.

bainite변태도 강을 중심으로 하는 구조용재료에서는 이만큼 이상의 발전은 기대하기 어렵지만, 비철금속·합금에도 발전하고 있는 중이며, 형상기억합금이나 초

전도합금에서도 진전이 있으면, 장차 발전할 수 있는 조직으로 예상된다. 그런 의미에서 일본금속학회에서는 bainite연구회를 만들어 연구하고 있다.

3. 신소재 열처리

열처리는 종래 강을 중심으로 하여 왔다. 그러나 최근 일본 및 선진제국에서는 강에 대한 연구는 시들어가고, 新素材에 관한 연구가 성황을 이루고 있다. New materials 혹은 Advanced materials라고 불리는 신소재에는 희유금속, 금속간화합물, 아몰퍼스, 세라믹, 粉體, 섬유, 복합재료 등이 있으며, 프로세스로는 熔射, 接合, mechanical alloying, HIP, clad, 응력제거 등이 있다. 반응고 단조·열처리, mechanical alloying process, 熔射, 접합, 응력집중 등에 의해 일어나는 변태, 석출, 응력제거 등이 열처리의 문제점일 것이다.

또한 Ti합금등과 같은 희유금속의 가공열처리도 이 분야일 것이다. NKK 등에서 Ti합금의 가공열처리에 대한 연구가 행해지고 있지만, 강의 경지에는 아직 도달하지 못한 것으로 생각된다. 지금부터 해결해야 될 문제일 것이다. 변태가 있는 금속합금에서도 강과 똑같이 가공열처리를 적용할 수 있다고 생각할 수 있다.

금속간화합물이나 세라믹 등의 기계적 성질을 보면, 鋼은 어느 것보다도 우수한 재료라고 생각된다. 그러나 내열성이나 내식성, 그 밖의 기계적 성질에 대해서는 무어라해도 이들 재료는 우수하다. 그래서 적당한 열처리에 의해서 그 성능이 발휘될 수 있다. 이들 재료는 일반적으로 취약한 것으로, 응력집중을 일으키지 않도록 形狀設計가 필요하다는 점밖에는 없으며, 응력제거 열처리가 중요하다. 금속간화합물도 一相만으로는 취약할 때도, 二相으로 되면 의외로 伸率(단, 室溫에서 기껏 2~3%, 많아도 5~6%)이 있는 것이 많다. 즉, TiAl은 금속간화합물의 대명사적인 것으로, 이론적으로도 공업적으로도 대표적인 것이지만(현재 유행하고 있음), TiAl 상태 그대로는 취약해서 실용될 수 없지만, 이것에 Ti_3Al이 혼입되어 二相이 되면, 상당한 伸率(室溫에서 2%程度)이 나온다. 물론 열처리가 중요하다.

내열재료로서 중요시 되고 있는 fcc-r′-Ni_3(Al · Ti)에서도 fcc-austenite와 공존해서 2상조직으로 되면 인성이 커지게 된다. 또 순수한 r′-Ni_3Al 혹은 Ni_3Ti에 대한 보론(B)의 작용은 상당히 유명하며, 인성이 상당히 크게 된다.

4. 表面熱處理와 表面改質

침탄, 질화, hard facing 등은 종래의 표면처리지만, process로서는 진공이나 이온빔, 프라즈마를 사용하는 최신방법도 있다. CVD나 PVD라 하는 처리법에서는 여러 가지 탄화물생성원소의 탄화물이나 질화물, 그 밖에 금속간화합물, 세라믹 등을 적당한 소재표면에 부착시켜 경화시키던가, 내식성이나 내열성의 향상 또는 그 밖의 기능을 가질 수 있다. CVD는 소재의 가스를 반응시키는 처리이며, PVD는 전원을 걸어 이온 빔이나 프라즈마, 아-크 등으로 소재표면에 반응·부착시키는 처리이다. Salt에 의해 이들을 반응시키는 방법도 있다. 熔射도 한가지 방법이라고 생각할 수 있다. 이들의 처리방법은 어느 정도 실용화되어 있지만, 지금부터 해결해야 할 문제도 많다. 여러 가지 방법이 있지만, 표면생성물과 소재와의 밀착성이 문제이다. 이것에는 상호확산, 열팽창율의 차이, 응력완화수단 및 그의 내구성이 중요하다. 아직 충분하게 전부 해결되어 있다고는 말할 수 없다. 또 적당한 표면생성물에 의해 새로운 기능이 개발될 수 있을 것인지도 알 수 없다.

예를 들면, 열전자 등의 방사성 향상 등이 고려될 수 있다. Ion implantation이라는 表面改質法도 있다. 이 방법은 적당한 素材위에 여러 가지 원소이온(금속원소도 포함)을 가속시켜 치고들어가는 것으로, 물리적도 화학적도 아니기 때문에, 표면에 생성되는 피막은 화학양론적 화합물이 아니어도 관계없다. 물론 화학양론적이 아닌 새로운 물질이 된다면, 그 물질의 물성이 흥미있을 것이다. 예를 들면 철의 산화물은 FeO, Fe_3O_4, Fe_2O_3의 조성을 갖고 있지만 Ion implantation에 의해 FeO와 Fe_3O_4와의 중간물질이 만들어 질 수 있고, 치밀하여 비상히 내식성이 크게되면, 인간에 대한 이익은 지극히 크다. 이와 같은 뜻에서 Ion implantation에 거는 기대가 크며, 미지의 사실에 대한 흥미가 솟아난다. 그러나 일반적으로 설비비가 높게 드는 것으로, 일본에서도 그다지 연구되고 있지 않다. 아직 10개 정도의 기관에서 행하고 있는 것에 불과하다고 생각된다. 표면생성물이 母材와 반응하여, 의식하지 못한 금속간화합물이 만들어져서, 우수한 성질을 발휘하고 있는 것도 있을 것이므로 확실히 남보다 앞서서 연구해 놓는 것이 필요하다.

5. 열처리 프로세스의 콤퓨터 시뮬레이션

콤퓨터는 여러 가지 프로세스에서 최적제어나 형상제어 등에 극히 많이 사용되고 있으며, 열처리 프로세스에 있어서도 그 예외는 아니다. 물론, 열처리 프로세스에의 적용은 다른 분야에 비교해서 늦은 상태이다. 그 이유는 눈으로 볼 수 없고, 그래서 수식으로는 표시하기 어려운 粒經의 변화, 재결정, 변태와 같은 재질에 관계되는 문제가 많기 때문이다. 그렇지만, C나 N의 Fe중에서의 확산식으로 부터 침탄이나 질화 프로세스를 최적제어 해보려는 시도나, 침탄 혹은 질화깊이의 추정 등에 많이 사용하고 있는 중이다. CVD나 PVD에 있어서도, 혹은 salt나 熔射와 같은 표면처리에서도 동일하다. 풀림시의 확산도 중요하다. 풀림, 담금질, 뜨임 등의 프로세스에 대한 computer simulation도 하나의 큰 문제일 것이다. 특히 가공경화시킨 오스테나이트로 부터 diffusional transformation products가 생성되는 가공열처리시의 문제도 있으며, 오스테나이트의 塑性加工(주로 열간압연)에 의한 가공경화와 동적 재결정 및 가공경화의 누적문제 및 그와 같이 가공경화된 오스테나이트로 부터의 변태거동 문제도 있다. 열간압연시의 두께나 형상의 제어에 대해서는 이미 행해지고 있지만, 이와 같은 재질의 문제는 어려움에도 불구하고, 최근 일본의 각 제철회사에서는 완전하지는 않지만 가능하게 되었다. 그것에 의해 프로세스의 최적제어나 각 단계에서의 성질예측이 어느 정도 가능하게 되었다. 물론 최종 성질예측도 충분하다고는 말할 수 없지만 가능하게 되었다.

이와 같은 콤퓨터에 의한 최적제어 또는 재질예측에 대해서는 현재 이미 시작되었지만, 보다 상세한 것은 지금부터의 문제일 것이다. 통산성이나 일본철강협회등이 협력하여, 지금부터 이 문제에 힘을 기울이고 있다고 말할 수 있다.

6. 省에너지 및 장비

세계의 에너지는 化石연료에 크게 의존하고 있다. 화석연료는 주로 석유와 천연가스, 석탄이다. 선진제국에서는 석유, 천연가스를 주에너지원으로 하고, 그 다음에 發電이나 도시가스로서 사용하는 곳이 많다. 우리는 전기에 의존하고 있는 것이 많지만, 그 토대를 바로 잡으면, 석유, 석탄, 수력, 원자력 순이 되며, 석유가 가장 큰 비중을 점하고 있다. 그러므로 석유의 가격이 높아지게 되면 省에너지가 절실하게 된다. 현재는 석유가격이 그리 높지 않기 때문에, 省에너지 문제가 다소 망각되고 있다는 느낌이 든다. 省에너지는 항상 염두에 두지 않으면 안된다.

석유등의 에너지를 대체할 수 있는 것으로서, 光, 풍력, 朝力, 지열 등이 주목받고 있는 것 같지만, 어느 정도 실용화된 것은 없다. 그중에서도 풍력은 발전용으로서 유럽에서는 약간 사용되고 있는 것 같다. 에너지를 가장 크게 소비하는 것은 열에너지이다. 열처리는 그 열에너지를 극히 대량으로 사용하는 것으로, 열처리를 하는 사람은「省에너지」에 대해서 항상 고려하지 않으면 안된다.

일반론으로서 Energy Saoing은 항상 염두에 두지 않으면 안될 문제이며, 특히 열처리 설비에서는, 버너의 연소효율, 배기가스의 이용 및 그 방법, 장치 설비등 고려해야만 될 문제가 많이 있다.

Energy Saoing과 아주 유사한 문제로, 자원보호(Resouces Saoing)가 있다. 석유도 에너지 자원으로 생각할 수 있지만, 석유를 지키는 것은 자원보호로 이어진다. 省자원이라는 말도 있다. 석유에서도, 銅광석에서도, 철광석에서도 30~50년 후에는 고갈되어 사용할 수 없게 되므로 省자원에 철저하지 않으면 안된다. 그러나 조금도 감소하는 경향을 볼 수가 없다. 최초의 평가(estimation)가 잘못된 것일까? 나는 재료가 전문이지 자원은 아니다. 그런 이유로, 자원에 대해 언급하는 것은 이정도로 줄이지만, 자원관계의 기술자는 언제라도 함유량이 보다 낮은 광석을 경제적으로 처리할 수 있도록 한다면, 富鑛이 없어도 貧鑛을 처리할 수 있기 때문에 언제까지도 인간은 자원을 잃어버리는 것은 아니라고 말할 수 있다. 즉, 일본은 자원이 비상히 적기 때문에 철광석은 거의 전부 외국에 의지하고 있다. 그런 상황하에서 외국과의 문제도 많지만, 품질에 관한한 가장 좋은 철광석을 최고의 상태로 사용하고 있다. 대체로 60% 이상의 Fe分이 있다. 최상급의 철광석을 수입 사용하고 있다고 듣고 있다. 그러나 수십년, 수백년이 지나면 上質의 철광석은 없게 될지도 모른다. 그때 우리는 철강을 단념할 것인가? 단념하지 않고, Fe분이 적은 철광석을 사용하여 철강을 만들 것이다. 그래서 극단적으로 말하면 3~5% Fe정도밖에 함유하고 있지

않은 흙도 자원으로 할 것이다. 그러나, 지구에 부광이 없어지게 됐을 때, 부광을 처리하는 기술이 확립되어 있지 않으면 안된다. 결국 우리는 어떠한 고난을 겪더라도 석유나 철강은 필요하며, 무엇인가 하려고 시도할 것이다. 그래서, 그와 같은 사태에 도달하지 않도록, 조금이라도 省에너지나 省자원에 힘을 쏟지 않으면 안된다. 그 방법이나 설비에 대해서도 검토하지 않으면 안된다. 또한 기술의 확립도 중요하다.

7. 전 망

이상 요약하면, 열처리는 장래

(1) 신소재의 열처리에 대한 기술과 이론
(2) 表面改質의 기술과 이론
(3) 열처리 프로세스의 computer simulation
(4) 省에너지 기술

의 문제가 중심으로 될 것으로 생각한다. 물론 이것들은 현재 연구가 진행중이며 결과도 나타나고 있는 중이지만 장래, 보다 큰 과실로서 반드시 결실을 맺을 것으로 확신하고 있다.

이상과 같은 모든 문제는 젊은 연구자·기술자의 노력을 기다리고 있는 것이며 젊은이들의 활약을 기대한다.