

고주파열처리기술의 최신 화제

김 성 완

한국생산기술연구원, 플라즈마응용팀

Recent Trends on Induction Heat Treatment

S. W. KIM

1. 서 론

고주파 열처리 기술은 일본 산업계에서 실용화된 이후 이미 반세기가 경과하고 있다. 그 사이에 고주파유도가열이 갖는 동일한 특징(자기발열·급속가열·표피효과·부분가열)을 살리면서 고주파열처리는 자동차, 건설 및 산업기계를 비롯한 많은 기계부품 등의 대표적인 표면경화 및 PC 강봉이나 용수철 동선의 고강도화에 폭넓게 이용되고 있다. 그 이유로는 고주파유도가열의 특징인 필요한 부분을 극히 단 시간에 열처리할 수 있다는 점에 있다. 또한, 기본적으로 전기에너지를 이용하기 때문에 제어 및 자동화가 용이하고, 현장에서의 라인화가 가능하기 때문이다. 이밖에 뒤에서 언급될 열원 및 예비재질면에서 여러 가지의 장점이 있다. 최근에는 에너지절약형·친환경 열처리기술로 주목받고 있다. 약 40년간의 고주파담금질에 관한 기술개발에 대한 내용은 참고문헌을 통해 확인할 수 있다.

본 글에서는 고주파 담금질에 관한 단시간 급속가열소입에 대한 기초적 사항 및 응용사례 등에 대해 소개하고, 동종업종에 있는 기업 및 본사의 최근화제를 소개하고자 한다.

2. 고주파 유도 가열의 원리

2.1 기본 원리

그림 1은 고주파 유도가열의 원리를 나타낸다. 고주파 전원에 접속된 가열 코일의 중앙에 피처리물(워크)을 두고, 고주파 전류를 인가하여 교번자속을 받

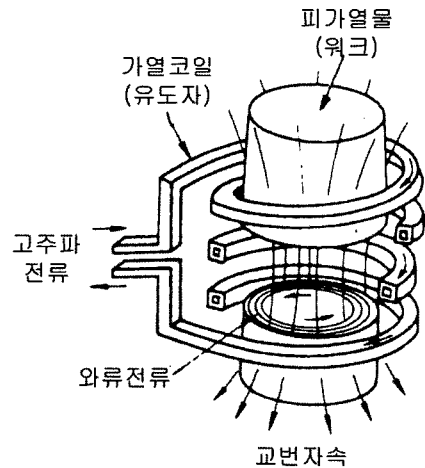


그림 1. 고주파 유도가열의 원리.

생시키면 피처리물에 와류전류가 발생하고, 그것에 의한 저항발열과 교대자속에 의한 히스테리시스 손실로부터 생기는 발열에 의하여 피처리물은 가열된다. 자력선은 주파수가 높아지면 그 표면에서의 밀도가 보다 높아지게 된다(표피효과). 이와 같이 자기 발열에 의하여 비접촉식이지만 피처리물에 짧은 시간내에 큰 에너지가 투입되고 급속 가열이 가능해진다.

2.2 고주파유도가열의 특징

고주파 담금질에 있어서의 유도가열에는 다음과 같은 3가지 특징이 있다.

- ① 자기발열(직접가열)을 이용한 급속·단시간의 가열
- ② 표피효과를 이용한 표면가열
- ③ 적절한 가열코일을 사용한 부분가열

표 1. 주요 고주파전원

| 분류 | 전동발전기식 | 전자관식 | 사이리스터 인버터식 | 트랜지스터 식 |
|-----------|-----------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------|
| 주파수 (kHz) | ~20 | 10~1000 | ~10 | ~500 |
| 전기용량 (kW) | ~2000 | ~800 | ~5000 | ~1000 |
| 변환효율 (%) | ~85 | ~65 | ~94 | ~95 |
| 주요소모품 | 베어링 | 전자관 | - | - |
| 설치면적 | 대 | 중 | 소 | 소 |
| 주 용도 | 열처리 고주파유도로 각종히터 | 열처리 용접, 납땜, 용해로 | 열처리 고주파유도로, 철강프레스, 각종 히터 | 열처리 피레토히터, 전기조리기 |

표 3. 고주파담금질 시 적정주파수의 선정

| 가열목적 | | 치수 (직경) (ϕ mm) | <Hz> 상용 주파수 <50,60> | 주파수 (kHz) | | | | |
|----------------|---------------|------------------------------|----------------------------------|-----------|---|----|--------|--------|
| 경화층 깊이 (mm) | MG, 사이리스터 인버터 | | | 전자관 | | | | |
| | 트랜지스터 인버터 | | | | | | | |
| | | | | 1 | 3 | 10 | 20~100 | 100 이상 |
| 표면경화 | 0.4~1.25 | 6~25 | | | | | A | A |
| | 1.25~2.5 | 8~16 | | - | - | B | A | A |
| | | 16~25 | | - | - | A | A | A |
| | | 25~50 | | - | B | A | B | B |
| | | 50 이상 | | B | A | A | - | - |
| | 2.5~5.0 | 19~50 | | - | A | A | B | C |
| | | 50~100 | | A | A | B | - | - |
| 100 이상 | | | A | B | C | - | - | |
| 전체가열 | 3~6 | | - | - | - | A | A | |
| | 6~12 | | - | - | B | A | A | |
| | 12~25 | | - | B | A | B | B | |
| | 25~50 | | - | A | A | - | - | |
| | 50~100 | | A | A | B | - | - | |
| | 100~200 | B | A | B | - | - | - | |
| | 200 이상 | A | A | - | - | - | - | |

A: 최적주파수 B: 적정주파수 C: 약간 만족

3. 고주파소입장치

고 있는 실정이다.

3.1 고주파 전원

표 1에서는 주로 사용되는 고주파 전원을 나타내고 있다. 역사적으로 초기에는 불꽃방전식을 이용하였고, 그 이후에는 전동발전기(MG)식, 전자관 발전기식이 사용되어 왔다. 근래에는 급속한 반도체기술의 발달로 인하여 변환효율이 우수하고 소형화가 용이한 사이리스터 인버터방식이나 트랜지스터 방식이 증가하고 있고 기존의 발전기 방식을 대체해 나아가

3.2 적정 주파수의 선택

표 2에서는 적정 주파수의 사용 예를 나타낸다. 근래에 반도체식 발전기의 개발이 급속하게 발전함에 따라 광대역의 주파수나, 고출력을 요구하는 설비의 개발이 가능하게 되었다.

3.3 고주파 담금질 방법

고주파담금질 방법은 피처리물의 형상, 열처리 사

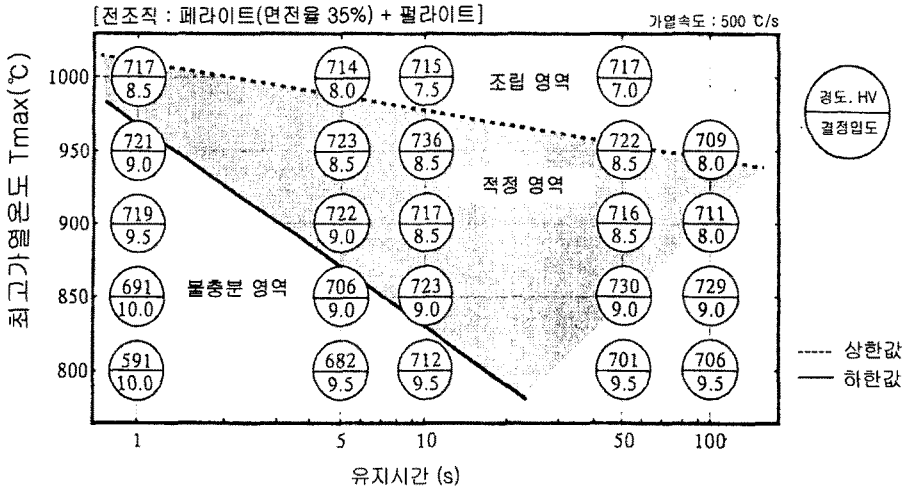


그림 2. S45C 강의 TTA 선도.

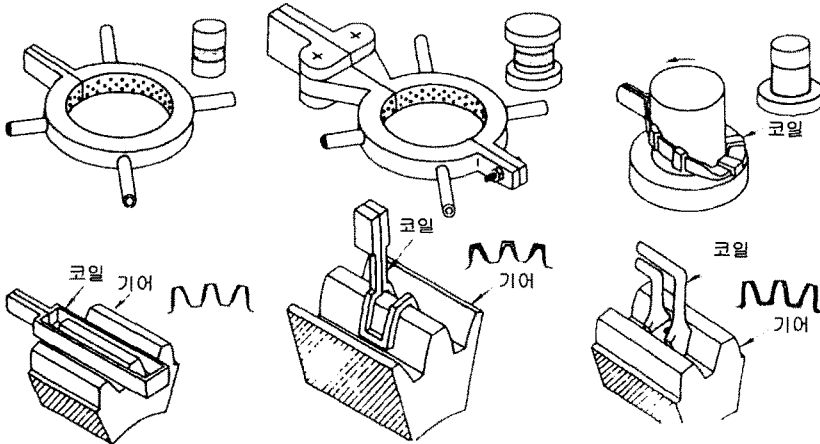


그림 3. 가열코일과 가열부위.

양, 고주파 전원의 주파수 · 출력이나 담금질장치의 기능 등에 의하여 분류되고 있다.

TTA 선도를 제안하고 있고[10], 그림 2은 S45C 강의 예를 나타내고 있다.

3.4 고주파담금질의 오스테나이트 (γ) 화 온도

일반적으로 가열시간이 수~수십 초라는 짧은 시간이기 때문에 복사가열을 이용한 전기로나 연소로에 의한 가열과 비교하면 γ화 온도를 조금 높게 설정할 필요가 있다. 이것은 γ화 과정에 있어서 세멘타이트 (Fe₃C : Cm), 페라이트(F)를 분해하고 탄소를 고용·확산시키며 균일한 γ화 조직을 얻기 위해서이다. 적절한 γ화 온도와 시간의 기준은 독일 Orlich 시간-온도-γ화(TTA : Time-Temperature-Austenitization) 선도를 통하여 얻을 수 있다[9]. 본인은 독자적인

3.5 가열 코일과 냉각 장치

가열 코일은 고주파 전류를 흐르게 하여 교번자속을 발생시키는 중요한 부품으로 주로 동 파이프를 사용하고 피처리물의 형상이나 가열부위에 따라 제작할 필요가 있으며 설계 제작에는 풍부한 경험을 필요로 한다. 그림 3은 주된 가열코일과 가열부위의 예를 나타낸 것이다. 가열효율을 향상시키는 목적으로 필요에 따라 가열코일에 자속 집중재(코어)를 설치한 경우도 있다[11, 12]

냉각재킷은 담금질이 필요한 부위를 빠르고 균일하

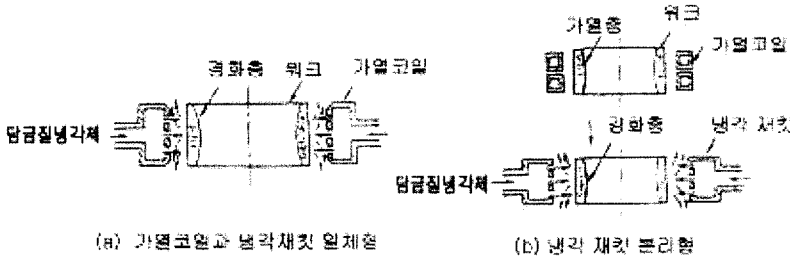


그림 4-1. 일발담금질법의 개념도

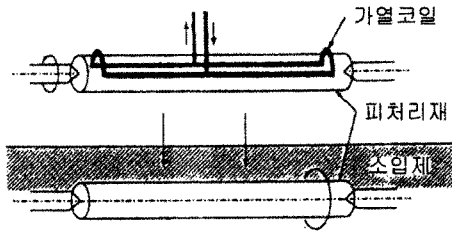


그림 4-2. 싱글 쇼트식 담금질의 개념도

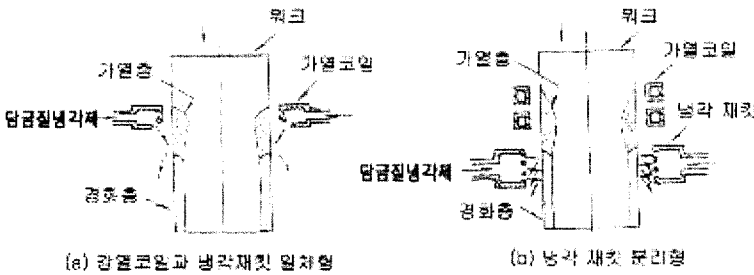


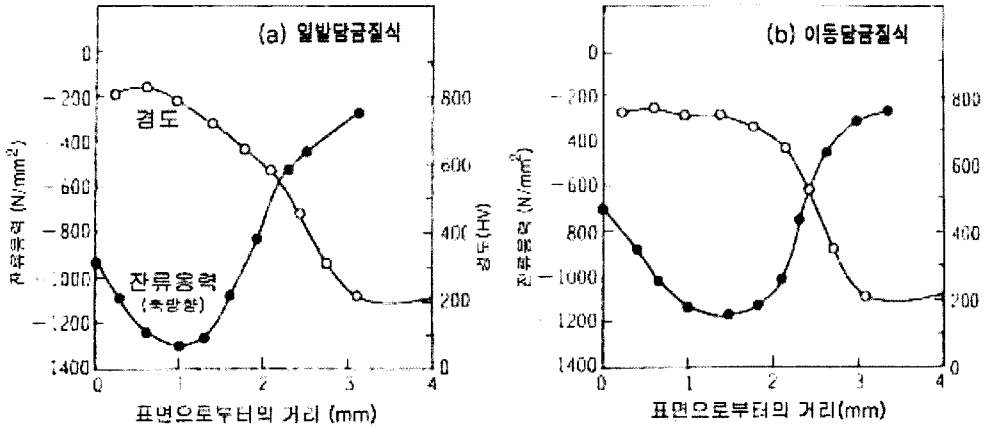
그림 4-3. 이동담금질의 개념도

그림 4. 일발담금질식 및 이동담금질식

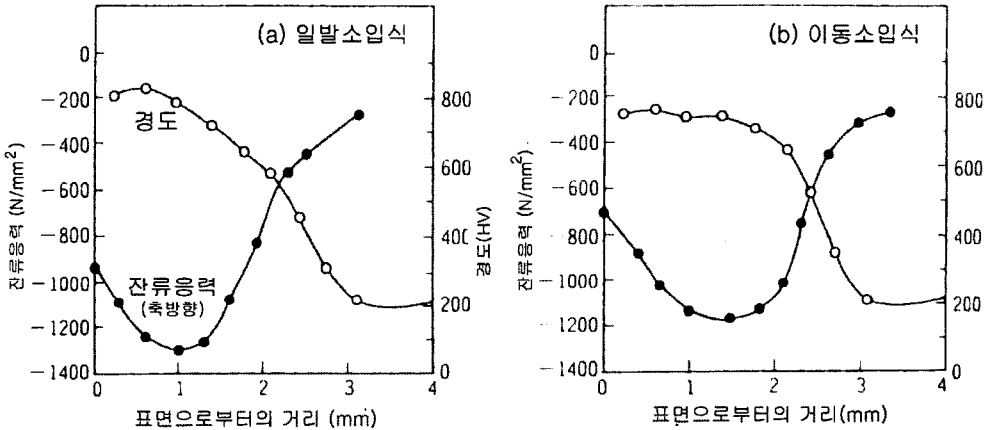
게 냉각하기 위한 중요한 장치로써 주로 분사방식을 이용하고 있으며 가열코일과 일체형으로 된 경우와 개별적으로 된 경우도 있다. 냉각시스템은 온도 뿐만 아니라 갈라지는 변형에 큰 영향을 미치기 때문에 피 처리물의 형상, 냉각제(물, 폴리머 냉각제 등)의 특성 및 분사후의 냉각제의 흐름 등도 고려하여 가열코일과 마찬가지로 신중하게 설계 제작할 필요가 있다. 폴리머 냉각제는 주로 균열을 방지하기 위해 사용되며 냉각과정에서 가열부 표면에 피막을 형성한 것에 Ms 점 이하에서 냉각속도를 물보다 느리게 작용하도록 한다. PAG(폴리 아킨렌 글리콜), PVA(폴리 비닐 알콜), PEG(폴리 에틸렌 글리콜)는 고분자

화합물을 주성분으로 하고 있고 농도를 비꾸는 방법을 통하여 냉각속도의 조정이 가능해진다.

또 그림 4에서 보여주는 피 처리 물 · 가열코일 · 냉각재킷과의 상대적인 위치관계에 의하여 주로 상대 위치가 「일정한일발담금질」 과 시간과 동시에 변화 하는 「이동담금질」 로 나눌 수 있다. 그림 5에서는 일발담금질재 및 이동담금질재의 잔류응력 분포의 차이를 보여주고 있다[13]. 그림 6은 피로시험결과를 나타낸다[14]. 일발담금질재방식이 이동담금질재방식 보다 높은 피로강도를 얻을 수 있다. 이것은 일발담금질재 방식이 고경도, 고압축 잔류응력을 보여주기 때문에 얻어 진다. 이와 같이 일발담금질이나 이동담



(시험편치수 : $\phi 25 \times 200$ 유효경화깊이 : 약 2.5mm)



(시험편치수 : $\phi 25 \times 200$ 유효경화깊이 : 약 2.5mm)

그림 5. 일발담금질식과 이동식의 잔류응력 분석.

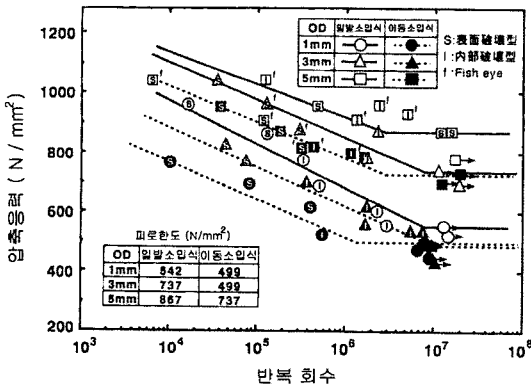


그림 6. 일발담금질식과 이동담금질식의 피로시험결과
금질 중의 적절한 방법을 선택할 때는 작업의 용이
성뿐만 아니라 실제 부품에 요구된 품질특성 외에

고주파 전원의 설비용량의 크기도 고려하여 적용할
필요가 있다.

4. 고주파소입의 특징

4.1 재질면의 특징

고주파 담금질재의 재질면으로 얻어지는 주된 장점
에는 높은 표면경도, 조정 가능한 경화층 깊이(침탄,
질화 대비), 높은 표면 압축 잔류응력, 미세 조직
[15], 적은 탈탄[16], 적은 변형[17, 18], 싼 재료비
등이 있다. 표 3에서는 이러한 특징과 고주파 담금
질 재에 기대되는 내 피로성, 내마모성, 인성 및 처
리비용과의 관계를 나타낸다. 재료에 관해서는 고주

표 3. 고주파소입기술의 재질면의 특징

| 장 점 | 주요기계적성질 | | | |
|-----------------------------|------------------|--------------|----|-----|
| | 피로 | 마모 | 인성 | 코스트 |
| ① 고 표면경도 | ◎ | ◎ | X | - |
| ② 조절 가능한 경화깊이 (침탄, 질화 대비) | 표면과피 ○ 내부과피 ◎ | 전동 ◎ | - | - |
| ③ 표면부의 높은 압축잔류응력 | ◎ | 전동 ◎ 표면 △ | ○ | - |
| ④ 미세조직 | ○ | ○ | ◎ | - |
| ⑤ 저 탈탄 | ◎ | ○ | - | ○ |
| ⑥ 저 변형 | - | - | - | ○ |
| ⑦ 저렴한 재료비 | - | - | - | ○ |

(◎: 효과 大, ○: 효과 中, △: 효과 小, X 악영향, - 관계 적음)

과 담금질의 특징을 충분히 살리기 위해 담금질 성향상원소를 첨가·증량하거나 전 조직을 조정(F + Cm 조직에서는 F 면적률을 작게 한다) 하여 고주파 담금질 강이 개발되고 있다[19].

한편, 단점으로는 단시간 가열과 동시에 원소분포를 균일하게 하기가 어렵다는 단점이 있다. 따라서 단시간 가열 시에는 가열 부위, 열 사이클의 선정 등을 보다 신중히 할 필요가 있다.

4.2 재질면 이외의 특징

기본적으로는 앞의 2.2절에서 나타낸 유도가열의 일반적 특징에서도 알 수 있듯이 고주파 담금질의 장점으로는 「열 사이클 설정의 자유도」, 「청결한 환경」, 「신속한 운전」, 「용이한 자동화」가 있고, 단점으로는 「가열 코일의 범용 설계가 용이하지 않다」, 「엄격한 관리가 필요」 등을 들 수 있다.

4.3 고주파 소입 사양 설정시의 검토항목

고주파 담금질 사양 설정시의 주된 검토항목에는 재질, 형상, 전 조직, 요구경도, 담금질 조직, 변형, 분할, 템퍼링 변형교정 등이 있다. 이러한 항목을 기본으로 사용자와 열처리 메이커가 신중하고 구체적으로 담금질(+ 전후 공정) 사양을 결정하는 것이 필요하다. 경도, 조직, 변형으로 인한 불량이나 균열은 고주파 담금질전의 공정의 영향을 받기 쉽기 때문에 이상이 발생하였을 때 고주파 담금질 직전의 공정은 물론 경우에 따라서는 소재까지 포함한 세밀한 분석이 필요하다. 특히 담금질 전 조직은 단시간 가열 정도와 고주파 담금질재의 특성에 큰 영향을 미친다

[20]. 기본적으로는 앞서 얘기한 바와 같이 F + Cm 조직에서는 F 면적률이 작은 쪽이 바람직하며, 단시간 가열 1회 과정에서는 현저한 편석의 개선, F 밴드, 구상 탄화물의 분해후의 탄소의 균일화가 쉽지 않다. 고주파 소입방법을 통해 기대되는 성능을 충분히 발휘하기 위해 가능하면 고주파담금질을 하기 전에 미리 합금 원소를 많이 분해하게 하여야 한다. 균일화 어닐링 등 적절한 개선책을 실시하는 게 바람직하다.

4.4 고주파 소입 시 이상현상

고주파 담금질이후의 후처리 공정(템퍼링, 교정가공, 연마 등)에서 많이 나타나는 이상현상을 아래에 나타내었다.

- ① 균열 : 열균열, 템퍼링 균열, 연마균열, 교정절손
- ② 용손 : 과열용손, 접촉용손
- ③ 경도불량 : 불균일, 전체적 또는 국부적인 과부족, (경화층)깊이 부족 등
- ④ 변형 : 관리항목으로서 축부품(길이, 직경), 구부러지는 환상부품(두께, 외경, 진원도), 중공부품은(내경, 지름방향의 두께)

5. 최근의 고주파 열처리 기술

5.1 공업소유권 · 문헌 동향[21]

고주파 담금질에 관련된 학회나 업계의 동향을 파악하기 위해 1998년 10월까지의 과거 약 20년간의 고주파열처리 관련 공업소유권(특허·실용신안) 및 기술 문헌을 조사 분류하였다. 키워드는 「고주파 또

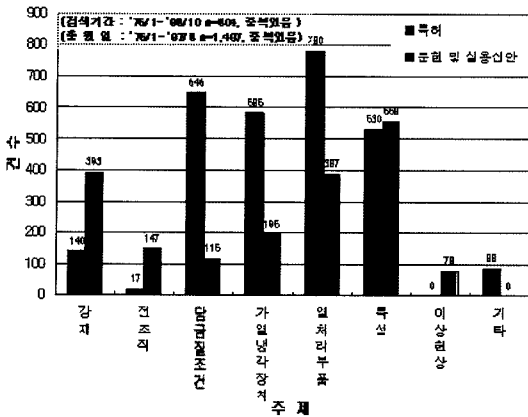


그림 7. 주제별 공업소유권·문헌의 발표건수.

는 유도 가열」 + 「담금질 또는 템퍼링」을 사용하여 공업소유권에 대한 자료는 “PATOLIS”를 참고문헌에 대한 자료는 “JOIS”를 이용하고 온라인 검색하였다. 공업소유권에 관한 자료는 총 1,497건(특허: 1234건, 실용신안: 263건)과 문헌을 804건 추출하였다. 그림 7은 주제 별 공업소유권·문헌 건수(일부 중복 있음)를 나타냈다. 공업소유권으로는 열처리 부품이 가장 많았고 담금질 조건, 가열 냉각장치 및 특성에 관한 내용 순이었다. 또한 문헌으로는 특성이 가장 많았고 강제, 열처리 부품, 가열 냉각장치, 전조조의 순으로 나타났다. 그러나 과거 약 20년간의 일본 열처리 기술협회 발행의 「열처리」 및 「강연대회 개요집」의 발표(총 2692건)중에서 고주파 열처리는 137건으로 질화(440건), 침탄(383건) 보다도 적은 의외의 결과를 보여주었고, 다음으로 새로운 열처리에 대한 관심을 보여주는 복합 열처리(79건) 순이었다. 고주파 열처리를 발전시키기 위해서는 기초 연구 및 실용화 연구를 활발하게 진행하여야 하며 필자 또한 미력하지만 부단한 노력을 계속할 것이다.

그림 8은 특성을 상세히 분류한 기계적 성질별 발표 건수를 보여주고 있다. 공업소유권 자료에서는 변형이 가장 많았고, 마모, 피로, 인성, 균열, 경도 순서로 나타났고 문헌에서는 경도가 가장 많았고 그 다음으로 피로, 잔류응력, 변형, 균열 순으로 나타났다. 여기에서 변형에 관한 내용이 문헌과 비교하여 볼 때 공업소유권에서보다 주목받는 이유는 변형(절감)에 대한 현장에서의 실용적 요구가 높다는 것을 암시하고 있다고 생각된다.

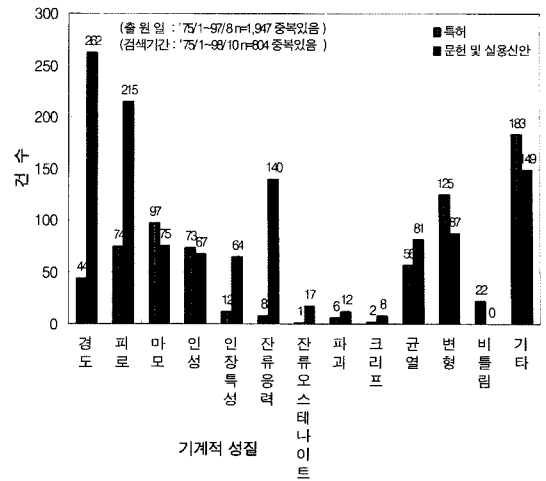


그림 8. 기계적 성질별 공업소유권·문헌의 발표건수.

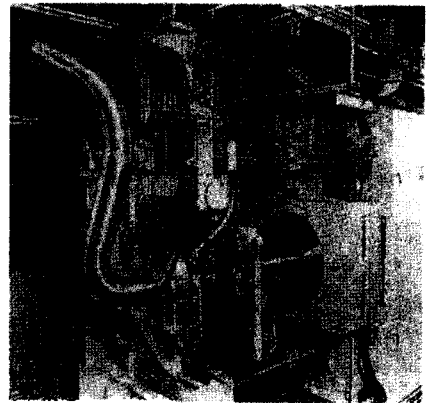


사진 1. 제일고주파공업의 전자동 펜데잉 머신.

5.2 관련업체의 화제

본 내용을 정리함에 있어 각 업체로부터 제공된 기술자료 및 발표 문헌 등도 조사하였다. 근래 업체의 공동관심사는 시대적 요청에 의한 생산성 향상과 치수 정밀도의 향상으로 대출력 발전기, 컴퓨터 제어 기술, 센서 응용 기술 등의 개발이 진행되고 있다.

(주)제일 고주파 공업은[22] 오랜 기간동안 압연용 롤이나 레일의 고주파 담금질에 관하여 경험과 실적을 쌓아 왔고, 고합금등 롤이나 중공 롤을 처리하고 있고, 고주파 유도가열에 의한 파이프의 소성가공과 열처리의 독자적인 기술을 확립하고 있다. 사진 1에서는 강관용 전자동 펜데잉 머신을 나타낸다.

(주)전기공업은[23] 안정된 고출력 트랜지스터 인버터 전원, 고정밀도 갭(gap) 센서를 이용한 가열 코

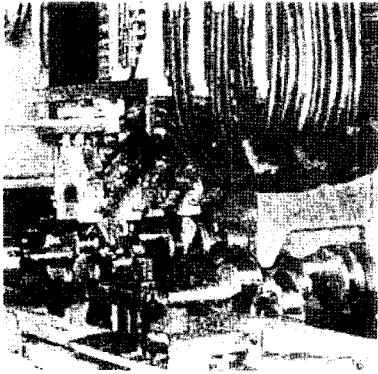


사진 2. (주)전기공업의 크랭크축 소입 및 템퍼링.

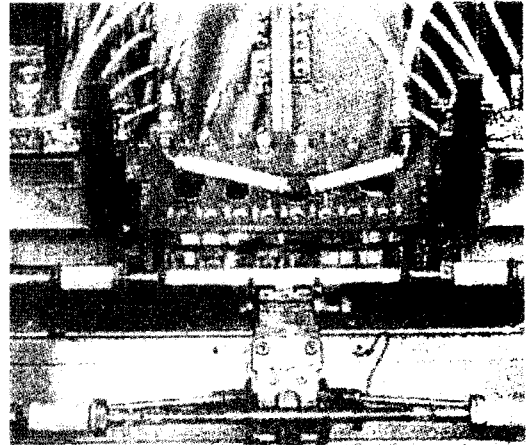


사진 4. 홍사전자업(주)의 장축부품의 싱글쇼트 담금질상태.

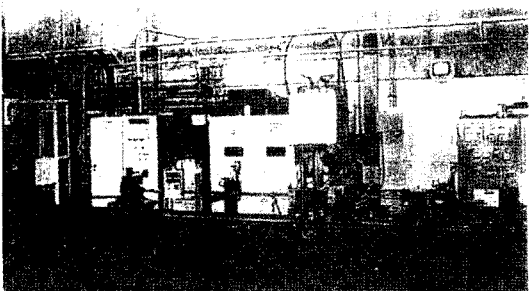


사진 3. 일본 전자공업(주)의 볼스크류 소입기.

일의 추적 기능 및 마이크로컴퓨터 제어를 조합한 공작기계용 베드 습동면 소입장치, 불 나사 소입·소려 장치, 크랭크 샤프트 소입·소려 장치 등에 적용하고 있다. 사진 2에서는 크랭크 축 소입·템퍼링 장치의 열처리 하는 과정을 보여주고 있다.

(주)일본 전자공업은[24] 사진 3에 보여주는 바와 같이 컴퓨터 제어에 의한 볼 스크류의 고정밀도 소입기를 사용자에게 제안하고 있고 장축 제품의 고품질 담금질에 공헌하고 있다. 또한 티탄 및 티탄 합금의 고주파 가열에 관계한 연구도 실시하고 있다[25].

(주)후지 전자공업은[26] 다양한 사용자 요구를 만족시키기 위하여 사용자의 요구 사항을 기초로 소입장치, 가열코일, 냉각 장치 등을 시뮬레이션하여 사용자에게 전용 가공설비(이형 품 동시 가공 설비: FSS)를 제안하는 시스템을 구축하고 있다. 또한 독자적인 반개방형 코일에 의한 싱글 쇼트소입의 특징을 살리기 위해 부하 변동에 안정하고 융통성이 높은 대 출력의 광역 주파수 변환(3~80KHz)이 가능하다. IGBT(트랜지스터인버터)를 개발하고 생산성과

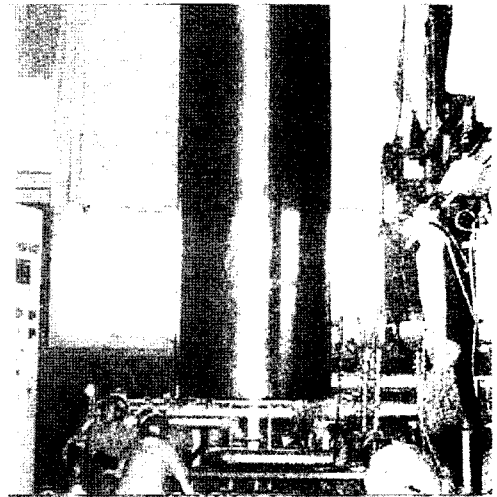


사진 5. 대형 롤러 고주파 담금질.

품질을 향상하고 있다. 사진 4에서는 장축부품의 싱글 쇼트 담금질 상태를 보여주고 있다.

5.3 본사(네츠레시)의 화제

1) 대형 부품의 고주파 담금질

사진 5는 제지용의 대형 히트 롤(SUJ2 강)의 열처리 하는 모습으로 직경 1.3 m, 길이 7.2 m, 두께가 200 mm의 중공 롤의 전체 길이방향으로 10 mm 이상의 경화층을 고주파 표면담금질을 하고 있고 담금질용으로는 지사의 최대등급인 출력 1200 kW, 주파수 3 kHz의 트랜지스터 인버터 방식의 신형 발전기를 사용하였다. '95년 5월에 열처리를 시작한 이

래 '98년 12월까지 총 22개의 동일한 대형 히트 롤의 고주파 담금질을 완료하였고 제지용의 압연 롤로 사용되고 있으며, 현재 순조롭게 가동하고 있다.

2) 실린더 블록의 내면 소입

사진 6은 실린더 블록의 원통 내면을 규칙적인 체

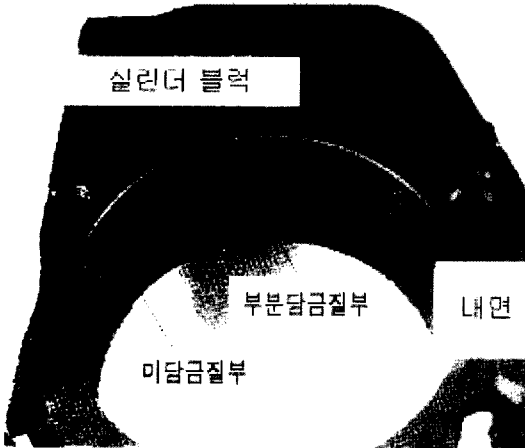


사진 6. 고주파수중가열을 이용한 실린더 내면의 체크문양 담금질기술.

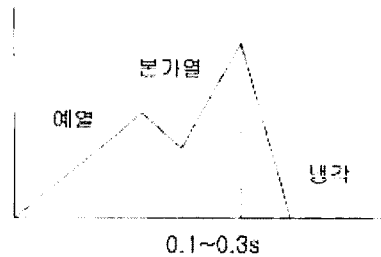
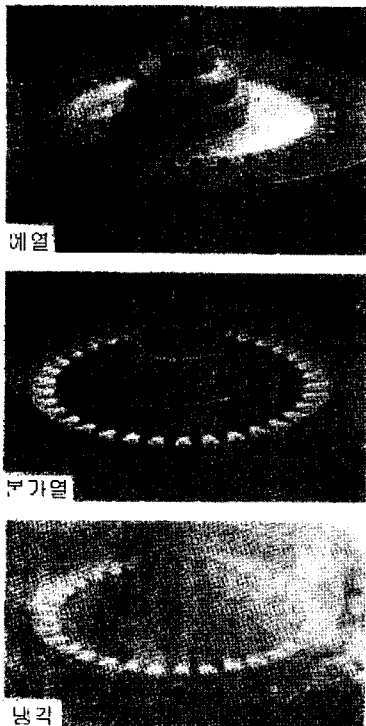
크 문양 모양으로 담금질한 예를 나타낸다. 고정밀도로 위치 결정이 가능한 가열 코일과 단시간 고출력 제어기술 및 저 변형 수중 담금질기술을 이용하여 디젤엔진을 대상으로 실용화되고 내마모성을 유지하면서 라이너레스를 실현하고 있다[27].

3) 기어의 윤곽 소입

본사와 CHI(Contour Hardening Inc.USA)은 0.1~0.3초 정도의 초 단시간 가열의 특징을 갖는 “마이크로 펄스 유도 가열 시스템”을 공동으로 개발하고 있고, 대 출력, 초 단시간 내에 비교적 모듈의 작은 기어의 윤곽담금질이 가능해졌다. 사진 7은 기어의 윤곽 담금질 프로세스와 윤곽 담금질한 기어를 나타낸다[28, 30]. 이 담금질방법으로 열처리된 기어는 디젤엔진의 타이밍 기어에 실용화 되어 사용되고 있다.

4) 중공부재의 고주파 소입

승용차의 측면 충돌시의 안전성 확보에 필요한 파이프 형상의 도어·임팩트 빔의 담금질이나 스티어링 기구에 사용된 중공 래크의 성형 및 저 변형 담



윤곽담금질기어

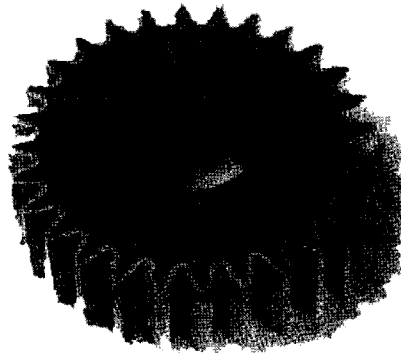


사진 7. 초급속고주파가열을 이용한 기어의 윤곽담금질기술.

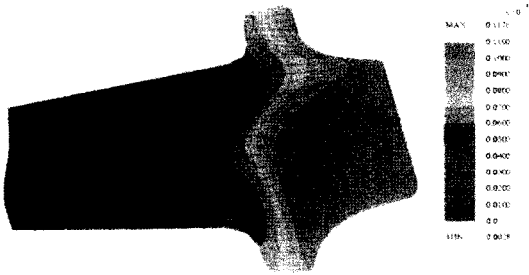


그림 9. 고주파담금질 시 화온도 시뮬레이션.

금질을 실현하고 있다. 중공부재의 열처리하는 시스템 및 총중량의 경량화에 크게 도움이 되기 때문에 근래에 증가한 것이라고 예측된다.

5) 열처리 시뮬레이션 기술의 개발

교토대학교 공동으로 고주파 유도 가열 γ 화·담금질 냉각과정과 유도 가열 템퍼링 과정에서 생기는 여러 가지의 현상을 유한 요소법을 사용하여 시뮬레이션하는 프로그램의 개발을 진행하고 있다

그림 9는 스프로킷으로 고주파 담금질 시의 γ 화 온도의 계산 결과이고, 그림 10은 환봉(S45C, $\phi 20 \times 60$ L)을 여러 가지의 경화층 깊이에 따른 고주파 담금질한 경우 길이방향에 대한 직경의 변화를 나타내고 있다. 실측치와 계산치의 어느 쪽에서도 경화층 깊이가 깊어짐에 따라 외경의 형상이 열응력형인 볼록 형으로부터 변태 응력형인 오목 형으로 변화하고 있고 실측값과 계산값이 잘 일치하고 있는 것으로 밝혀졌다[31]. 이와 같은 컴퓨터·시뮬레이션을 활용하여 고주파 열처리시의 온도 분포나 변형·잔류 응력·경도분포 등이 예측 가능해지고 있다[32].

6) 고 합금강의 고주파 소입

종래의 고주파 담금질이 적용되는 재질로는 중·저탄소강이 주류를 이루었다. 그러나 최근 기계부품에서 고기능화 등을 위하여 합금강을 사용한 예도 증가하고 있고 이에 대한 고주파 담금질의 요구도 증가하고 있다. 이러한 요구에 대응하기 위해 마르텐사이트계 스테인레스 강[34]이나 고속도 공구강[35]의 고주파 담금질 기술도 확립하고 있다. 그림 11은 마르텐사이트계 스테인리스 강의 경도, 잔류 γ 양에 미치는 γ 화 조건의 영향, 그림 12에서는 고속도 공

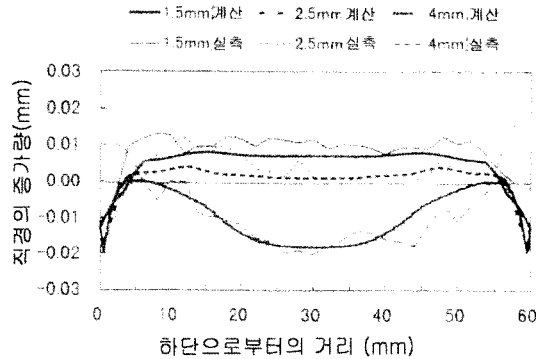


그림 10. 고주파담금질 시 변형시뮬레이션.

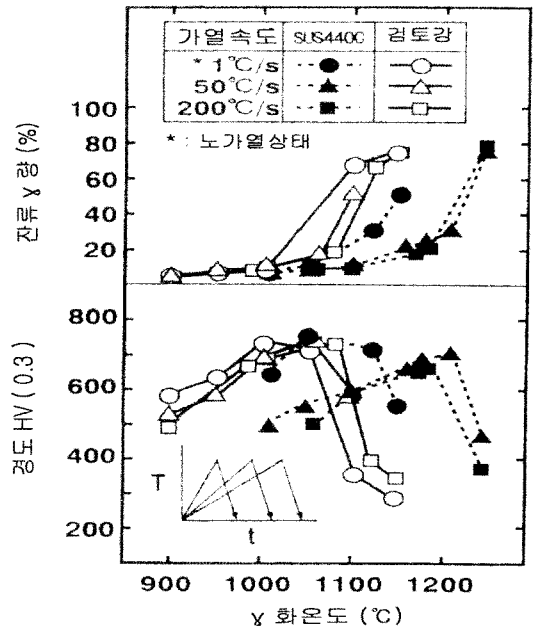


그림 11. 마르텐사이트계 스테인레스강의 화 온도에 따른 경도 및 잔류 영향.

구강의 경도, 잔류 γ 양에 미치는 γ 화 조건의 영향을 나타낸다.

7) 소결 합금 부품의 고주파 소입

최근 자동차나 산업기계의 부품으로 각종 분말원료를 소결하여 원 제품(near net) 형태화가 가능하게 되었고 그 부품의 고주파 담금질이 증가하고 있다. 소결부품은 소결기술의 진보에 의하여 종래의 단련한 강철 품에 비하여 공정단축 및 비용절감이 가능해지기 때문에 가까운 시일내에 증가할 것으로 기대된다.

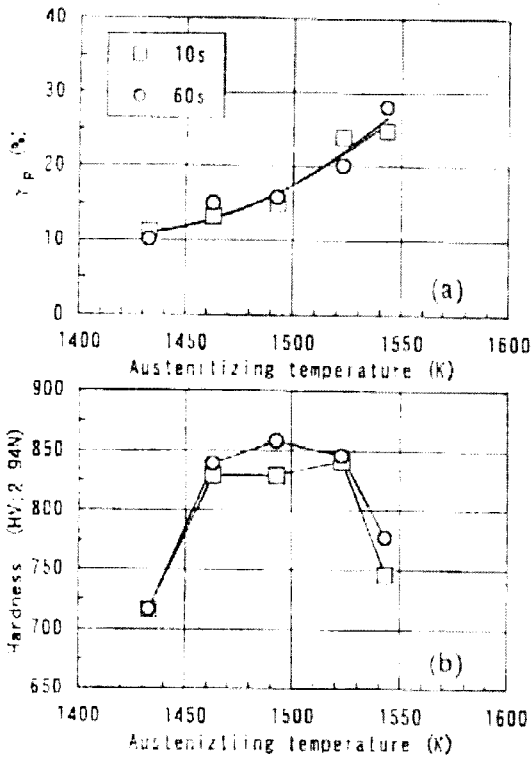


그림 12. 고속도 공구강의 화온도에 따른 경도 및 잔류 영향.

8) 고효율 트랜지스터 인버터 전원개발

주파수 10~50 kHz 및 200 kHz, 최대 출력 1000 kW의 고정밀도·고효율의 트랜지스터 인버터식 발진기를 개발에 의하여 대형 부품의 고효율·단시간 가열처리의 적용이 가능해짐과 동시에 열처리 조건설정 폭이 확대되고 저 변형 등의 사용자 요구를 만족시키는 고품질의 고주파 열처리가 가능하게 되었다.

5.4 ASM 주최의 국제회의에서의 화제

매년 가을에 미국에서 ASM 국제회의가 개최되고 있다. 그림 13은 1997년 9월에 개최된 회의[36]로 고주파 열처리 세션의 발표내용(총 62건)의 장르별 분류를 나타낸다. 발표건수는 시뮬레이션과 관련된 내용이 가장 많았으며, 뒤이어 전원, 시스템관계 순이었다. 열처리 품질에 관계해서는 변형 내용이 가장 많았다. 자동차, 산업기계 등의 부품의 열처리 변형에 높은 관심을 나타내고 있다. 또한 새로운 고주파 열처리 기술에 관련된 연구도 활발하게 진행되고 있고 최근에는 열처리 분야 가운데에서 고주파 열처리에 대한 기대가 점점 커지고 있다.

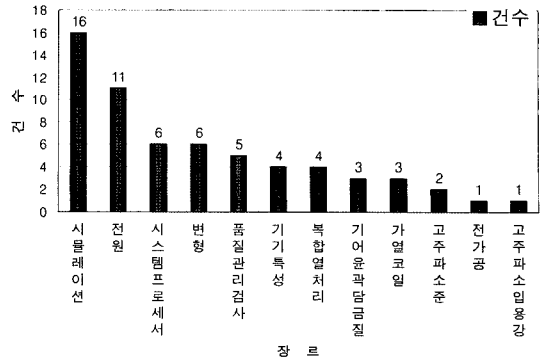


그림 13. ASM 국제회의(세션 : 고주파열처리)의 장르별 발표건수(1997-9).

6. 결 론

고주파 열처리 기술이 21세기 사회에 공헌할 수 있는 공업기술로서 존재가치를 확보하기 위해서는 전력 변환효율의 향상, 작업환경의 개선, 가열코일 설계제작의 효율향상, 가열 냉각 조건설정에서의 컴퓨터 시뮬레이션의 활용, 비파괴 검사, 자동화 처리의 활용에 의한 품질보증의 강화 등의 하드웨어적인 면과 소프트웨어 측면의 기술 개발이 필요하다. 또한 항상 기술혁신을 통하여 사용자 요구를 만족시키는데 소재로부터 최종제품까지를 “일괄공정”으로 개발하고 「고주파 열처리 기술의 발전과 개발」을 이행하는 것이 필요하다. 아울러 이후에 고주파 열처리가 지구 환경문제나 재활용화 등에 공헌할 수 있는 더블 에코 열처리(Ecological, Economical)로서 점점 주목받기 시작한 것이라고 생각된다.

본 글이 고주파 담금질 기술의 이해와 발전에 조금이라도 도움이 되었으면 한다. 본 내용을 정리할 때 (주)제일 고주파공업, (주) 전기흥업, (주)일본전자공업, (주) 후지전자공업 각 업체에서 협력해 주신 것에 깊은 감사말씀을 드립니다.

* 이 글은 日本 “熱處理” 제 39권 3호에 게재된 내용을 번역 정리한 것임.

참고문헌

1. 中村, 고주파소입과 피로강도, 일간공업신문사 (1963).
 2. 水馬, 川壽 : 열처리, 27, 3 (1987) 162.

3. 일본열처리기술협회/일본열처리공업회 편집 : 「열처리기술입문」, 대하출판사 (1997) 272.
4. 일본전열협회 편 : 일렉트로 히트 응용 핸드북, 오음사 (1990) 161.
5. 高橋, 深町 등 : 고주파의 공업에의 응용, 도쿄전기대학출판국 (1985).
6. 川崎 : 일본열처리기술협회주최, 「열처리대학(매년개강) (1993) 3-1.
7. 楯野, 八尾 : 일렉트로히트 72 (1993) 53.
8. 小泉 : 공업가열 25, 6 (1988) 57.
9. J. Orlich : "Atlas zur Warmbehandlung der Stähle" Band 3, 4, Verlag Stahleisen M.B.H (1973, 74).
10. 川崎, 高岡, 山崎, 尾崎 : 열처리, 20, 6 (1980) 281.
11. R. S. Ruffini, R. T. Ruffini and V. S. Nemkov : 1st International Heat Treating Symposium, ASM 9 (1997).
12. R. S. Ruffini, R. T. Ruffini and V. S. Nemkov : Industrial Heating, 65 (1998) 69.
13. 古賀, 川崎, 山崎 : 제 37회 일본열처리기술협회 강연대회 강연개요집, 12 (1993) 35.
14. 古賀, 川崎, 山崎, 赤津 : 제 41회 일본열처리기술협회 강연대회 강연개요집, 12 (1995) 53.
15. 川崎, 山崎 등 : 철과 강, 73, 16 (1987) 136.
16. 川崎, 古賀, 山崎 : 제24회 일본열처리기술협회 강연대회 강연개요집, p. 13 (1987-6).
17. 高村 등 : 열처리, 27, 5 (1987) 304.
18. 川崎 일본 열처리기술협회 주최 「열처리세미나(텍스트)」 (1995) 5-1.
19. 上原, 田中, 太田 : 철과 강, 70, 11 (1984) 1598.
20. 三阪, 高岡, 川崎, 山崎, 赤津 : 제35회 일본열처리기술협회 강연대회 강연개요집, (1992-12) 17.
21. 川崎 : 전기제강, 67, 1 (1996) 44.
22. 제일고주파공업(주) 기술자료 (내용 문의 : 기술부, TEL 044-288-4225).
23. 전기공업(주) 기술자료 (고주파사업부 : TEL 0462-85-1411).
24. 일본전자공업(주) 기술자료 (기술부 : TEL 0427-74-1233).
25. 鎌田, 須磨, 大木, 渡部, 品田 : 제 3회 표면개질기술연구회자료 (1993-2).
26. 후지전자공업(주) 기술자료 (가공사업본부 : TEL 0729-91-1401).
27. 西森, 永井, 魚崎, 網井 : 마스다기보, 14 (1996) 118.
28. 三阪, 清津, 伊藤, 川崎, 山崎 : 제 42회 일본열처리기술협회 강연대회 강연개요집 (1996-6) 57.
29. Y. Misaka, Y. Kiyosawa, K. Kawasaki, T. Yamazaki et al. : SAE Paper 970971 (1997).
30. 井上, 中村, 三阪, 川崎 : 제132회 일본철강협회강연대회논문집(재료와 프로세스), 9 (1996) 1411.
31. 生田 : 소입과 변형제어 연구부회 연구성과 발표자료 (1990-1) 50.
32. 堀野, 古賀, 清津, 生田, 川崎, 山崎 : 제46회 일본열처리기술협회 강연대회 강연개요집 (1998-5) 5.
33. 有本, 生田, 井上 : 열처리, 34, 6 (1994) 332.
34. 古賀, 川崎, 山崎, 西川, 田 : 제46회 일본열처리기술협회 강연대회 강연개요집 (1998-5) 27.
35. 瓜田, 松田, 古賀, 川崎 : 제46회 일본열처리기술협회 강연대회 강연개요집 (1998-5) 63.
36. 1st International Induction Heat Treating Symposium, 17th ASM Heat Treating Conference (1997-9).