

비파괴검사법을 이용한 단조품의
내부결함 검출 및 품질 평가에 관한 고찰

KAI*, 우성정공**,
경상대***, 부산대학교

이석원*, 강윤수**, 서기헌**,
고병호***, 전만수***, 이준현



비파괴검사법을 이용한 단조품의 품질평가

이석원¹, 고병호², 전만수³, 이준현⁴, 강윤수⁵, 서기현⁵

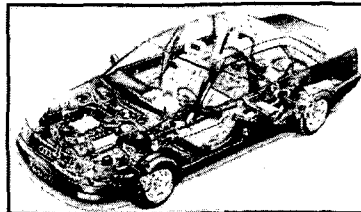
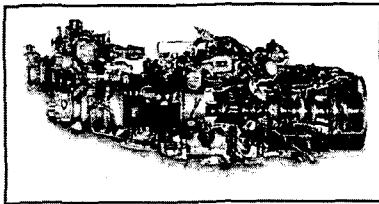
- 1 한국항공
- 2 경상대학교 기계공학과 대학원
- 3 경상대학교 수송기계공학부
- 4 부산대학교 기계공학과
- 5 우성정공

주요 단조품과 품질보증



- ▶ 단조품은 주요 기능 부품 역할
 - 동력 전달용 자동차 부품
 - Turbine blade, Disk, Shaft 등 항공기 엔진 부품
- ▶ 품질사고 시 중대한 문제 발생
 - 치명적 인적, 물적 손실
 - 기업 존폐 위기 초래 가능성

⇒ 품질 보증 필수



▶ 경도 검사법(재료 특성 평가)와 비파괴검사법(재료 건전성 평가)이 가장 널리 사용



비파괴검사기법의 특징

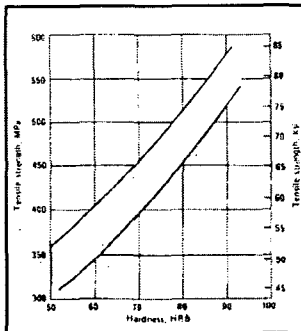
- ▶ 재료를 손상시키지 않고 특성검사 가능
- ▶ 저비용 고효율의 품질관리
- ▶ 제품의 Zero Defect 납품 가능
- ▶ 고객 만족
- ▶ 기업의 경쟁력 제고

비파괴검사법을 이용한 경도 측정

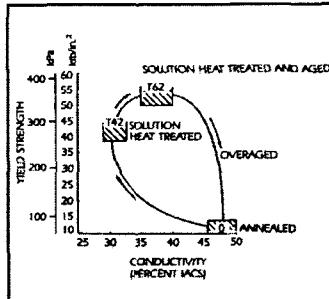
알루미늄의 강도-경도-전기전도도의 관련성



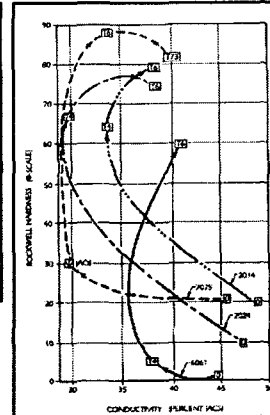
▶ 알루미늄의 경도와 인장강도의 관계



▶ Al-2024의 강도와 전기전도도의 관계



▶ 알루미늄의 경도와 전기전도도의 상관관계

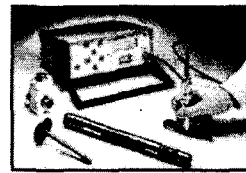
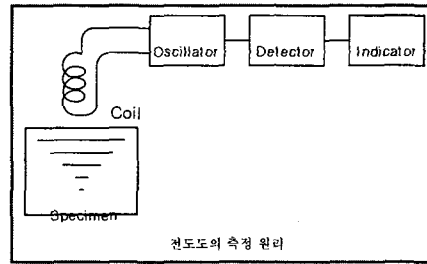


비파괴검사법을 이용한 경도 측정



재료의 전기전도도 측정

- ▶ 전도체에 교류전류가 흐르는 코일을 가까이 하면 유도자장으로 인해 전도체 내에 와전류 (eddy current) 형성
- ▶ 표준시험편을 이용하여 전기전도도 검사장치의 Calibration
 - Calibration 조건과 동일한 온도에서 재료의 전기전도도 측정
- ▶ %IACS(International Annealed Copper Standard) : 풀림처리한 20℃의 동(Copper)의 전기저항도 172.41 $\mu\Omega\cdot m$ 를 100% IACS 전기전도도로 정하고, 이에 대한 전기저항의 비율을 재료의 전기전도도로 표현하는 단위

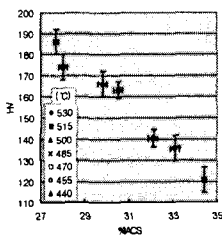


전기전도도 검사 장치

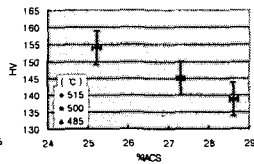
비파괴검사법을 이용한 경도 측정



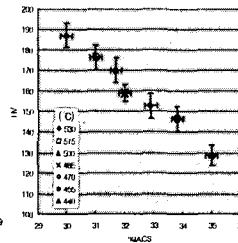
Al-Si 재료의 경도-전기전도도의 상관관계 변화



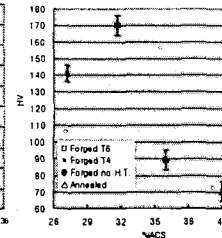
Relationship between %IACS and hardness of the extruded Al-Si material after solutionization and T6 aging



Relationship between %IACS and hardness of the forged Al-Si material after solutionization and T4 aging



Relationship between %IACS and hardness of the forged Al-Si material after solutionization and T6 aging



Summary of relationship between %IACS and hardness for the Al-Si material

비파괴검사법을 이용한 경도 측정



전기전도도 측정법을 단조품의 품질평가에 적용할 경우

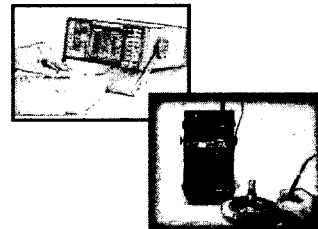
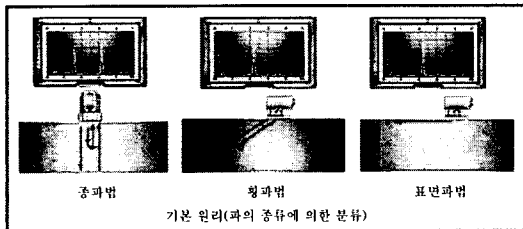
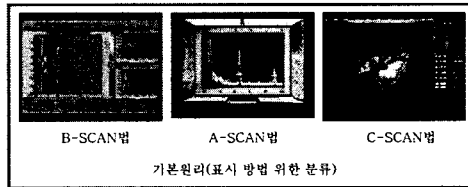
- ▶ Al-Si 알루미늄합금 열간 단조품의 경도와 전기전도도의 상관관계를 이용하여
 - ▶ 와전류를 이용한 전기전도도 평가 기법으로 Al-Si 알루미늄 봉재 및 단조품의 자연시효 (T4)열처리 재료, 인공시효(T6)열처리 재료, 열처리하지 않은 재료의 선별이 가능하다.
 - ▶ 열처리 후 전기전도도 측정을 통하여 경도예측과 용체화처리 온도 판단이 가능하다.
 - ▶ 전기전도도와 경도 평가기법으로 용체화 처리과정에서 과열된 재료의 검출이 가능하다.
 - ▶ 전기전도도와 경도 사이의 상관관계를 이용하여 생산공정의 경도검사를 보완하는 방법으로 활용할 수 있다.
 - ▶ 전기전도도 검사는 경도검사에 비해 검사 속도가 매우 빠르므로 검사 비용을 크게 증가시키지 않고 품질보증능력과 생산성을 크게 향상시킬 수 있다.

비파괴검사법을 이용한 결함 검출



초음파탐상검사법

- ▶ 내부 균열 검출
- ▶ 내부 기공 검출
- ▶ Steel, Aluminum 등 일반 기계 재료 대부분 적용 가능
- ▶ 특히 단조품에 적용 용이
- ▶ 검사와 판독을 위한 교육과 훈련이 소요됨
- ▶ 장비가 다소 고가임

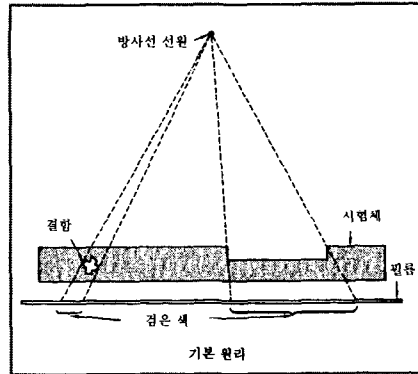


비파괴검사법을 이용한 결함 검출

방사선투과검사법



- ▶ 내부 균열 검출
- ▶ 내부 기공 검출
- ▶ 판상 결함 검출 애로
- ▶ 필름 판독 경험, 교육 소요됨
- ▶ 방사선 위험
- ▶ 장비 고가



비파괴검사법을 이용한 결함 검출

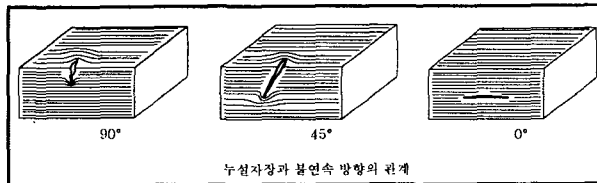
자분탐상검사법



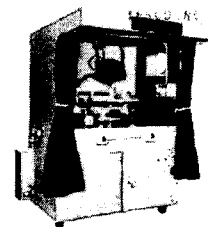
- ▶ 표면 균열 검출
- ▶ 표면 하 균열 검출
- ▶ 강자성체 국한 검사
- ▶ 교육 및 경험 필요
- ▶ 탈자 필요
- ▶ 고정식 장비는 다소 고가
휴대용 장비는 저렴



휴대용 Yoke



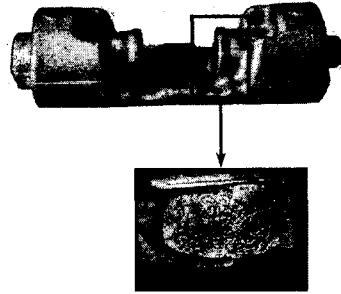
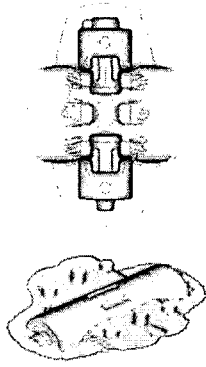
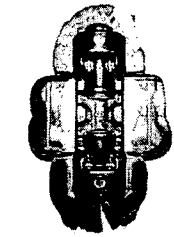
두절자장과 불연속 방향의 관계



고정식 장비

비파괴검사법을 이용한 결함 검출

초음파탐상검사법의 적용 사례(피스톤 제조공정)



Discovered planar defect of forged piston

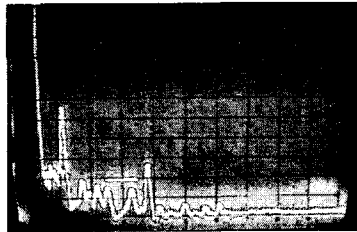
Actual result

Analysis result(MSC/SuperForge)

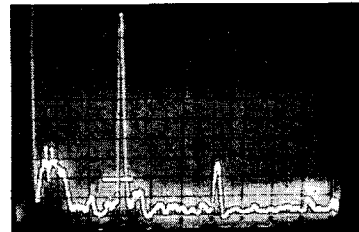
Comparison of actual and analysis result

비파괴검사법을 이용한 결함 검출

초음파탐상검사법의 적용 사례(시험결과)



Bad signal



Good signal

Ultrasonic signal by pulse-echo method