

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2019-0002946 (43) 공개일자 2019년01월09일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G01M 13/02 (2006.01) G01N 21/88 (2006.01) H04N 5/33 (2006.01)	(71) 출원인 조선대학교산학협력단 광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)	
(52) CPC특허분류 G01M 13/02 (2013.01) G01N 21/8851 (2013.01)	(72) 발명자 김재열 광주광역시 북구 동문대로100번길 16, 203동 110 4호 (두암동, 현대2차아파트)	
(21) 출원번호 10-2017-0083275	이경일 광주광역시 서구 화정로21번길 8-10, 102호 (쌍촌 동)	
(22) 출원일자 2017년06월30일 심사청구일자 없음	(74) 대리인 특허법인아이엠	

전체 청구항 수 : 총 2 항

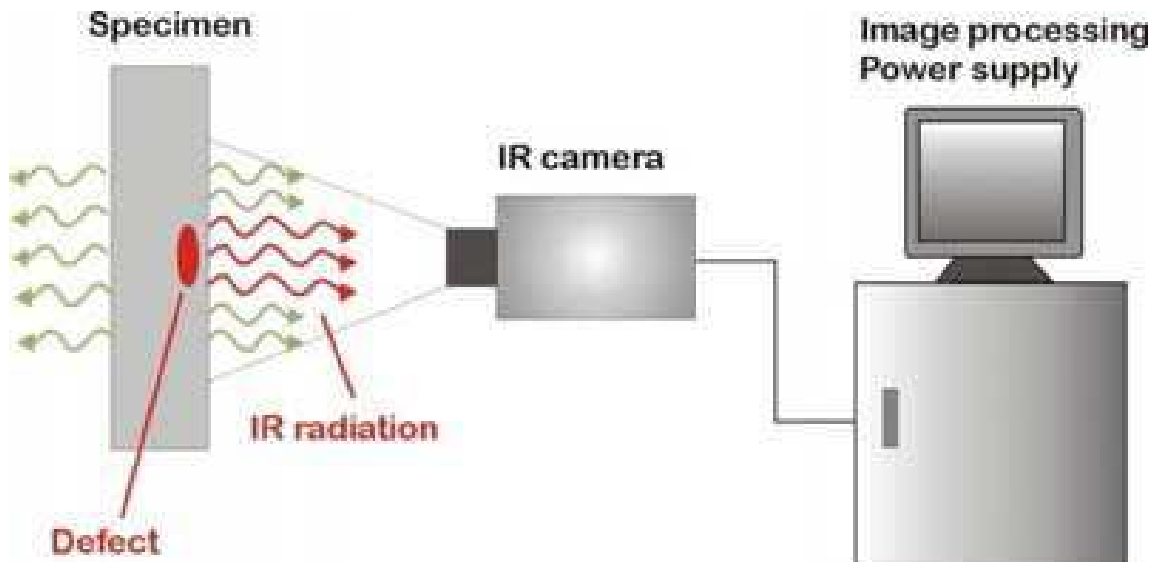
(54) 발명의 명칭 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법

(57) 요약

본 발명은 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 적외선 열화상 카메라를 활용하여 하이브리드 대형 커빅기어를 촬영하여 결함여부의 판별을 용이하게 할 수 있는 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법을 제공하는 것이다.

본 발명에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법은, 하이브리드 대형 커빅기어의 표면을 적외선 열화상 카메라로 스캔하여 측정된 열화상 데이터로부터 하이브리드 대형 커빅기어의 결함 여부를 적외선 열화상 검사로 판별하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H04N 5/33 (2013.01)

(72) 발명자

고가진

광주광역시 동구 필문대로253번길 16, 105호 (지산동)

정윤수

광주광역시 북구 자미로 45, 2동 1005호 (신안동, 삼익아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014H1C1A1066959

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 지역혁신창의인력양성사업

연구과제명 하이브리드 대형 특수 기어 정밀 가공공정 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 조선대학교 산학협력단

연구기간 2014.10.01 ~ 2017.09.30

명세서

청구범위

청구항 1

하이브리드 대형 커빅기어의 표면을 적외선 열화상 카메라로 스캔하여 측정된 열화상 데이터로부터 하이브리드 대형 커빅기어의 결함 여부를 적외선 열화상 검사로 판별하는 것을 특징으로 하는 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

적외선 열화상 검사는 수동적 적외선 열화상 검사 또는 능동적 적외선 열화상 검사 중 어느 하나를 이용하는 것을 특징으로 하는 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 적외선 열화상 카메라를 활용하여 하이브리드 대형 커빅기어를 촬영하여 결함여부의 판별을 용이하게 할 수 있는 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법을 제공하는 것이다.

배경 기술

[0002] 기어는 대표적인 기계요소의 하나로써 오랫동안 중요한 역할을 담당하였다. 20 세기인 오늘날에도 기어는 동력 전달을 확실하게 할 뿐만 아니라 효율이 좋아 작게는 시계용 기어에서 크게는 수십만 kW 급 선박용 터빈 감속기어, 자동차와 항공기의 감속 장치, 차동기어장치, 풍력발전기 등 폭넓게 이용되고 있을뿐더러 그 종류 또한 용도에 따라 다양하다.

[0003] 이렇게 다양한 용도로 발전중인 기어는 복합적인 운동을 할 수 있도록 개발이 되고 있으며 다양한 형태로의 연구 개발되고 있다. 이런 복합 운동과 특별한 운동 및 형태를 갖는 기어를 하이브리드 기어라 지칭하여 기업 및 학계에서 활발한 개발을 진행하고 있다.

[0004] 이러한 하이브리드 기어에서 대형특수기어는 가공정밀도의 문제로 해외수입에 의존하고 있다 이는 하이브리드 대형기어를 사용하는 대형공작기계, 대형선박, 풍력발전기 등의 개발 및 생산 단가를 높이는 주요 원인이 된다.

[0005] 빠르게 성장하는 조선사업에서 Dual Fuel Diesel Engine 의 안정성에 대한 중요도가 높고 신뢰성이 요구되어지는 기어 부품은 운전단계에서 약간의 손상이 발생하여도 기계에 심각한 손상을 가져올 뿐만 아니라 기계적 결함으로 인해 자칫 대형 사고로 이어질 수 있어 기어에 대한 주기적인 진단 및 건전성 평가는 매우 중요하다.

[0006] 기어의 결함검출 방법에는 여러 가지가 있는데, 일반 초음파 검사(Manual Ultrasonic Testing), 위상배열 초음파 검사(Phased Array Ultrasonic Testing : PAUT), 비접촉 초음파 검사(Noncontact Ultrasonic Testing) 등의 초음파를 이용하여 기어의 결함을 검출하는 기술이 이용되고 있다. 대한민국 공개특허 제10-2010-0073849호(초음파를 이용한 기어 치구의 파손 검출시스템 및 검출방법), 대한민국 공개특허 제10-2012-0016527호(기어 커플링 검사용 초음파 탐상장치)는 초음파를 이용하여 기어나 기어 관련 부품의 결함을 검출하여 신뢰성을 평가하는 기술이다.

[0007] 그러나, 초음파를 이용한 기어의 신뢰성 평가는 기어에 대한 초음파 검사의 검사 범위의 한계로 인하여 기어를 검사하기에는 형태에 따른 결함 미 검출의 문제가 발생하는 단점을 지니고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2010-0073849호 ; 초음파를 이용한 기어 치구의 파손 검출시스템 및 검출방법
- (특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제10-2012-0016527호 ; 기어 커플링 검사용 초음파 탐상장치

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기와 같은 점을 인식하여 안출된 것으로 본 발명의 목적은 적외선 열화상 카메라를 활용하여 하이브리드 대형 커빅기어를 촬영하여 결합여부의 판별을 용이하게 할 수 있는 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명은 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 적외선 열화상 카메라를 활용하여 하이브리드 대형 커빅기어를 촬영하여 결합여부의 판별을 용이하게 할 수 있는 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법을 제공하는 것이다.
- [0011] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법은, 하이브리드 대형 커빅기어의 표면을 적외선 열화상 카메라로 스캔하여 측정된 열화상 데이터로부터 하이브리드 대형 커빅기어의 결합 여부를 적외선 열화상 검사로 판별하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 또한, 본 발명에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법은, 상기 적외선 열화상 검사는 수동적 적외선 열화상 검사 또는 능동적 적외선 열화상 검사 중 어느 하나를 이용하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0013] 상기와 같은 구성에 의하여 본 발명에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 적외선 열화상 카메라를 활용하여 하이브리드 대형 커빅기어를 촬영하여 결합여부의 판별을 용이하게 할 수 있는 장점을 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에 이용되는 수동적 열화상 검사를 위한 시스템을 개념적으로 도시한 도면
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에 이용되는 능동적 열화상 검사를 위한 시스템을 개념적으로 도시한 도면
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에 이용되는 할로겐 램프가 적용된 시스템을 도시한 사진
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법의 검증을 위한 결합이 없는 기어 시편과 인위적인 결합을 갖는 기어 시편을 도시한 사진
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영상온도냉각 기어 시편을 열화상 카메라로 촬영한 사진
- 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영하냉각을 한 기어 시편을 열화상 카메라로 촬영한 사진
- 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영상온도냉각 기어 시편의 열화상 스폿을 도시한 열화상 사진
- 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영하냉각을 한 기어 시편의 열화상 스폿을 도시한 열화상 사진

도 9 및 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영상온도냉각 기어 시편의 열화상 스폿별 온도를 나타낸 그래프

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영하냉각을 한 기어 시편의 열화상 스폿별 온도를 나타낸 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하에서는 도면 및 실시예를 참조하여 본 발명에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법을 보다 상세하게 설명하기로 한다.
- [0016] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에 이용되는 수동적 열화상 검사를 위한 시스템을 개념적으로 도시한 도면이고, 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에 이용되는 능동적 열화상 검사를 위한 시스템을 개념적으로 도시한 도면이며, 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에 이용되는 할로겐 램프가 적용된 시스템을 도시한 사진이고, 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법의 검증을 위한 결함의 없는 기어 시편과 인위적인 결함을 갖는 기어 시편을 도시한 사진이고, 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영상온도냉각 기어 시편을 열화상 카메라로 촬영한 사진이며, 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영하냉각을 한 기어 시편을 열화상 카메라로 촬영한 사진이고, 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영상온도냉각 기어 시편의 열화상 스폿을 도시한 열화상 사진이며, 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영하냉각을 한 기어 시편의 열화상 스폿을 도시한 열화상 사진이고, 도 9 및 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영상온도냉각 기어 시편의 열화상 스폿별 온도를 나타낸 그래프이며, 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영하냉각을 한 기어 시편의 열화상 스폿별 온도를 나타낸 그래프이다.
- [0017] 본 발명에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법은 하이브리드 대형 커빅기어의 표면을 적외선 열화상 카메라로 스캔하여 측정된 열화상 데이터로부터 하이브리드 대형 커빅기어의 결함 여부를 적외선 열화상 검사로 판별하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 적외선 열화상 검사는 원리적으로는 검사 대상인 하이브리드 대형 커빅기어로부터 방사되는 적외선을 적외선 측정기에 의해 에너지를 감지하여 그 신호를 영상으로 매핑(Mapping)한 열화상에 의해 하이브리드 대형 커빅기어의 온도분포를 분석하여 내부 상태를 추정하는 방법으로, 적외선 열화상 검사는 수동적 적외선 열화상 검사(Passive method) 또는 능동적 적외선 열화상 검사(Active method) 중 어느 하나를 이용한다. 수동적 적외선 열화상 검사는 측정 대상물로부터 자연스럽게 방사되고 있는 적외선 에너지를 검출하는 일반적인 측정 방법이고, 능동적 적외선 열화상 검사는 검사체 고유의 적외선량에 의존하지 않고 제어 가능한 에너지를 공급하고 그 반응으로 검사체가 방사하는 적외선 에너지를 측정하여 분석하는 방법이다.
- [0019] 도 1은 수동적 적외선 열화상 검사를 위한 시스템을 도시한 것으로, 도면을 참조하면 수동적 적외선 열화상 검사는 가열이나 냉각이 적용되지 않고, 측정 대상물로부터 자연스럽게 방사되고 있는 적외선 에너지를 검출하는 일반적인 측정 방법이다. 수동적 적외선 열화상 검사를 통한 결함탐지는 검사에 앞서 온도가 환경에 따라 일정하게 유지되므로 하이브리드 대형 커빅기어는 결함 부위에서 기록할만한 온도를 제공하기 위해 가열되거나 냉각되게 방사하는 적외선 에너지를 측정하여 분석하는데, 적외선을 방출하는 하이브리드 대형 커빅기어가 방출하는 고유의 적외선량을 감지하여 화상으로 나타낸다. 통상 수동적 적외선 열화상 방법은 하이브리드 대형 커빅기어의 고유 상태를 파악하는데 사용되는 가장 기본적인 방법으로 측정 기어의 정량적인 미시적 정밀도를 요구하는 경우보다는 거시적인 측정이 요구되는 경우에 사용된다.
- [0020] 능동적 적외선 열화상 검사는 수동적 검사기법과 달리 도 2에 도시된 바와 같이 검사체 고유의 적외선량에 의존하지 않고 제어 가능한 에너지를 입사하고 그 반응으로 하이브리드 대형 커빅기어가 방사하는 적외선 에너지를 측정하여 분석한다. 능동적 적외선 열화상 검사는 하이브리드 대형 커빅기어의 표면 방사율, 주변온도, 측정각도, 풍속, 거리, 형상에 따른 영향을 제어하여 검사자가 얻고자 하는 결과를 정밀하게 얻을 수 있다.
- [0021] 이러한 능동적 적외선 열화상 검사는 광적외선, 진동, 마이크로웨이브, 초음파, 와전류 등 에너지의 입사 종류

에 따른 분류와 제어 방법에 따른 분류로 나뉠 수 있는데 이러한 검사기법을 통하여 검사체로부터 더욱 정밀한 결과값을 얻을 수 있다.

- [0022] 또한, 전류를 흘리는 방법이나 전류의 ON/OFF 를 궁리하여 고장 위치를 알기 쉽게 하는방법이 이용될 수 있다.
- [0023] 능동적 적외선 열화상 검사는 하이브리드 대형 커빅기어는 전혀 열이 가해지지 않아 온도 분포가 없거나 온도 또는 온도차가 매우 미소한 경우 외부로부터 열을 가함으로써 하이브리드 대형 커빅기어의 표면의 미세 결함(크랙 등)이나 내부 결함(내부 크랙이나 보이드=공극)을 온도 분포로서 부상시켜 검출할 수 있게 된다.
- [0024] 본 발명에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법을 실시예를 통하여 그 효과 및 실효성을 실험하였다.
- [0025] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에 이용되는 할로겐 램프가 적용된 시스템을 도시한 사진이고, 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법의 검증을 위한 결함이 없는 기어 시편과 인위적인 결함을 갖는 기어 시편을 도시한 사진이다.
- [0026] 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법의 시험에 사용한 적외선 열화상 카메라 FLIR T640 은 포터블 형태로 이동성이 좋다. 고 해상도, 대형 터치스크린, 높은 온도 분해능, 회전식 렌즈, 뷰 파인더, Wi-Fi 및 블루투스(Bluetooth), USB 등 연결 지원이 가능하다. 최고(640×80) 픽셀의 IR 해상도를 가지고 있으며, 측정 온도 범위는 -40℃ ~ 2,000℃, 민감도는 30℃에서 0.035℃이다. 1~8 ×연속 디지털 줌, 연속 자동 초점 및 수동 초점, 5 메가 픽셀의 실 화상 카메라를 내장하여 열화상/실 화상 이미지를 동시 저장이 가능하여 실 화상 내 열화상 삽입(PIP) 및 합성이 가능하다. 또한 USB 를 PC 에 연결하여 촬영 영상의 녹화 및 스트리밍 가능하다. 기본적으로 Li-Ion 배터리 2개를 이용하여 외부 전원의 연결 없이 일정 시간 사용이 가능하며, 블루투스(Bluetooth)를 이용해 타 측정 장치와 연계가 가능해 측정의 정확도와 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 또한 서머커플러 및 IR Software 가 필수이다.
- [0027] 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법의 시험에서는 서모그래피 기법을 적용하여 적외선 열화상 신뢰성 평가를 진행하였으며 시편으로 SCM420재질의 하이브리드 커빅기어를 이용하였다.
- [0028] 실험방법으로 하이브리드 커빅기어에 치차 부분에 인공적인 결함을 발생시켰으며, 결함은 와이어컷팅으로 제작하였다. 인공결함 기어 시편을 1개는 급속냉각기를 통하여 영하의 온도로 냉각하였으며 한 개는 영상온도의 냉각을 진행하였다.
- [0029] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영상온도냉각 기어 시편을 열화상 카메라로 촬영한 사진이고, 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영하냉각을 한 기어 시편을 열화상 카메라로 촬영한 사진이다.
- [0030] 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법의 시험에서는 하이브리드 기어의 접촉 부분 결함에 대한 정확한 온도 데이터를 도출하기 위해 결함이 있는 부분과 결함이 없는 부분으로 나누어 5곳에 Spot을 지정하였다.
- [0031] 그 결과 결함 부분인 Spot2에서는 주위보다 온도 낮게 발생하는 것을 알수 있었으며, 결함이 없는 정상 부분인 Spot1, Spot3, Spot4, Spot5에서는 결함이 있는 부위보다 온도가 높은 것을 적외선 열화상 카메라를 통하여 검출할 수 있었다.
- [0032] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영상온도냉각 기어 시편의 열화상 스폿을 도시한 열화상 사진이고, 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법에서 영하냉각을 한 기어 시편의 열화상 스폿을 도시한 열화상 사진이다.
- [0033] 상온에서 30분동안 영상을 촬영하여 값을 저장하여 비교한 결과 결함부 치차 끝부분인 Spot1은 14.7℃, 인공결함부 Spot2는 5.9℃, 결함부 기어몸체 Spot3은 14℃, 정상시편부 Spot4, 5는 각각 14.8℃, 15.2℃로 나타났다.
- [0034] 위와 같은 방법으로 상온에서 30분동안 영상을 촬영하여 값을 저장하여 비교한 결과 결함부 치차 끝부분인 Spot1은 11.5℃에서 최대 9.5℃까지 온도가 상승하였고, 인공결함부 Spot2는 14.9℃에서 10.5℃까지 상승하였으

며 결합부 기어몸체 Spot3은 9.5℃에서 8.5℃, 정상시편부 Spot4, 5 는 각각 11.1℃, -11.6℃에서 8.5℃, -8.7℃로 변화하였다.

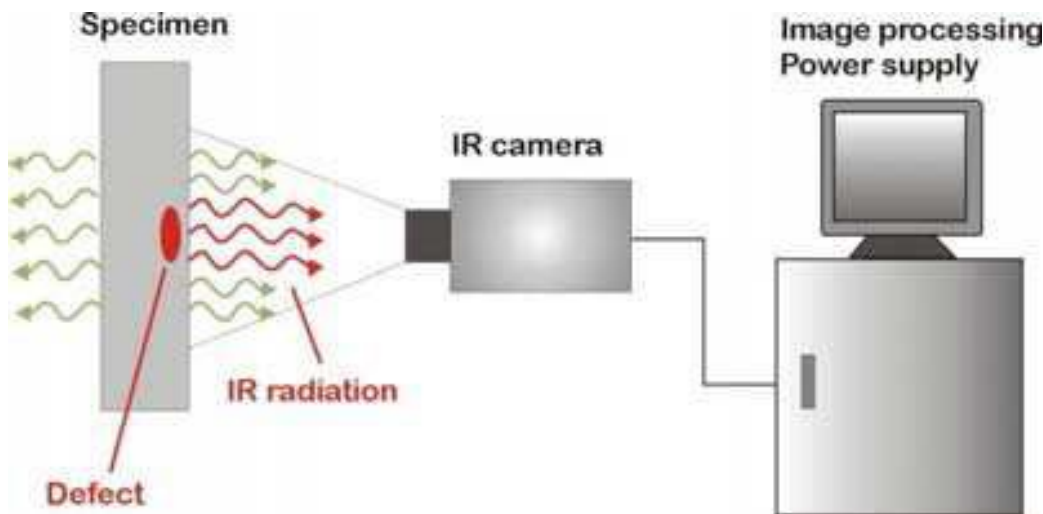
[0035] 결합에 대한 정확한 온도 데이터를 도출할 수 있도록 하이브리드 기어에 인공결합을 만든 부분과 정상 부분으로 나누어 총 5곳에 Spot을 지정하여 온도를 측정 분석하였다. 또한 서머커플러를 이용하여 정확한 온도를 측정함으로써 온도변화의 결과를 도출하였다. 냉각 후 서모그래피 기법을 적용하여 실험을 진행한 결과 인공적인 결합을 만든 부분인 Spot2에서 최고온도가 5.9℃까지 상승하는 것을 확인하였고, 인공결합 치차의 끝 Spot1 14.7℃과 결합부 기어몸체 Spot3같은 경우 최고 온도가 14℃, 정상시편부Spot4, Spot5같은 경우 최고 온도가 14.8℃, 15.2℃까지 상승하는 것을 확인할 수 있었다. 정상부분과 결합이 있는 부분과는 약 8℃의 온도차를 확인할 수 있었다. 상기와 같은 결과는 도 9, 도 10 및 도 11의 그래프에 도시되어 있다.

[0036] 영하 냉각시 인공적인 결합을 만든 부분인 Spot2에서 최고온도가 10.5 까지 상승하는 것을 확인부 기어몸체 Spot3같은 경우 최고 온도가 9.5℃, 정상시편부Spot4, Spot5같은 경우 최고 온도가 8.5℃, -8.7℃까지 상승하는 것을 확인할 수 있었다. 정상부분과 결합이 있는 부분과는 약 2℃의 온도차를 확인할 수 있었다.

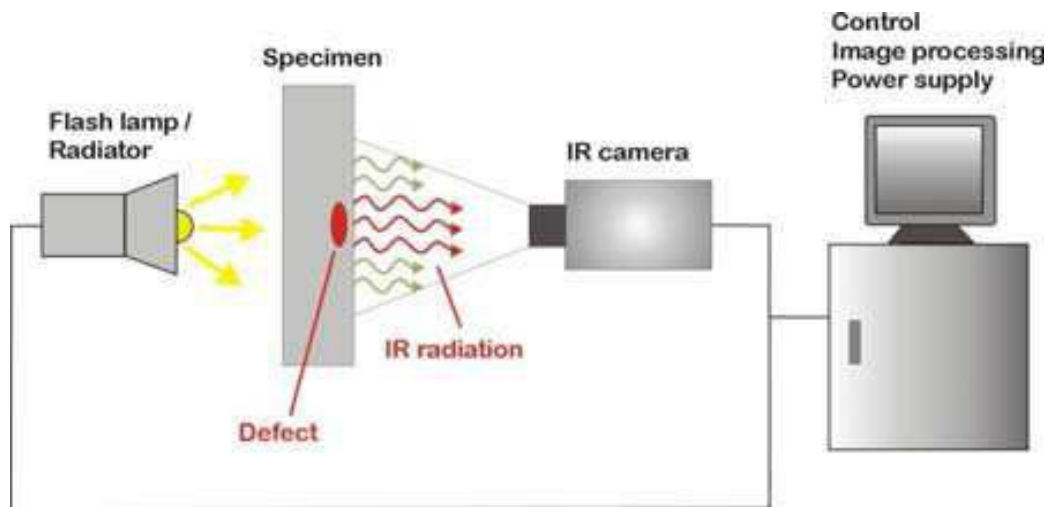
[0037] 앞에서 설명되고, 도면에 도시된 적외선 열화상을 이용한 하이브리드 대형 커빅기어 신뢰성 평가 방법은 본 발명을 실시하기 위한 하나의 실시예에 불과하며, 본 발명의 기술적 사상을 한정하는 것으로 해석되어서는 안된다. 본 발명의 보호범위는 이하의 특허청구범위에 기재된 사항에 의해서만 정하여지며, 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 개량 및 변경된 실시예는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것인 한 본 발명의 보호범위에 속한다고 할 것이다.

도면

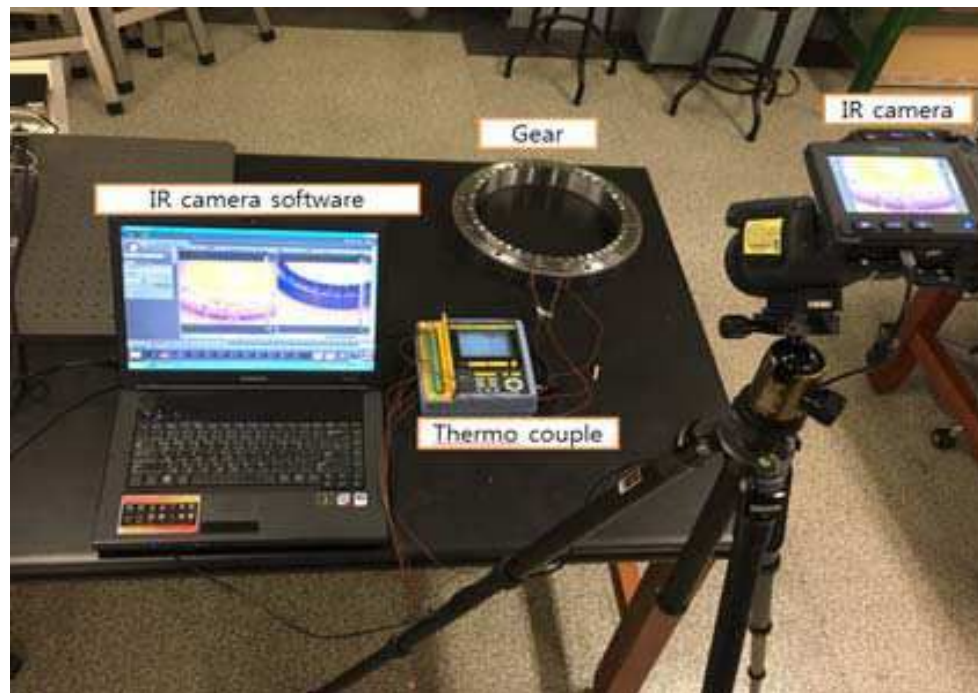
도면1



도면2



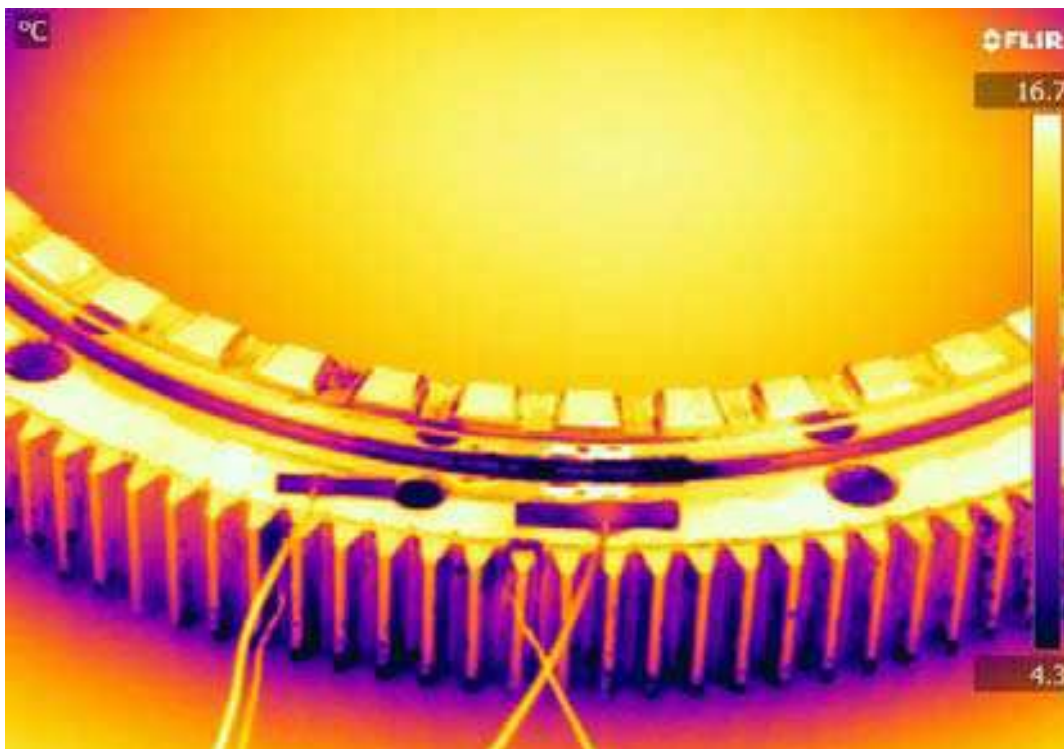
도면3



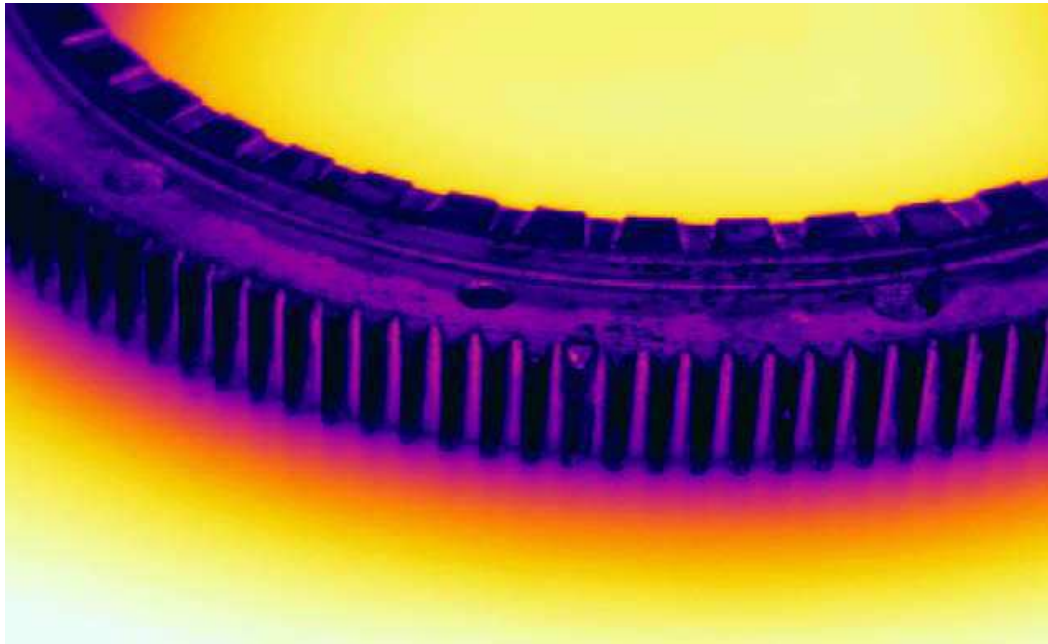
도면4



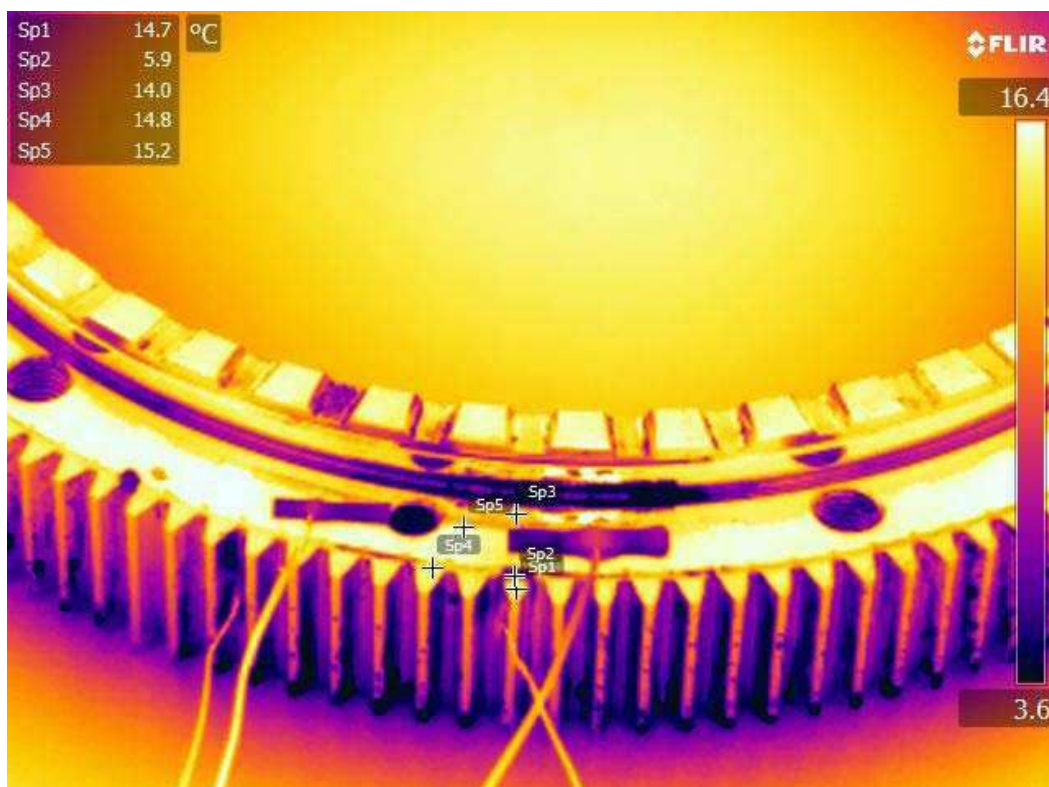
도면5



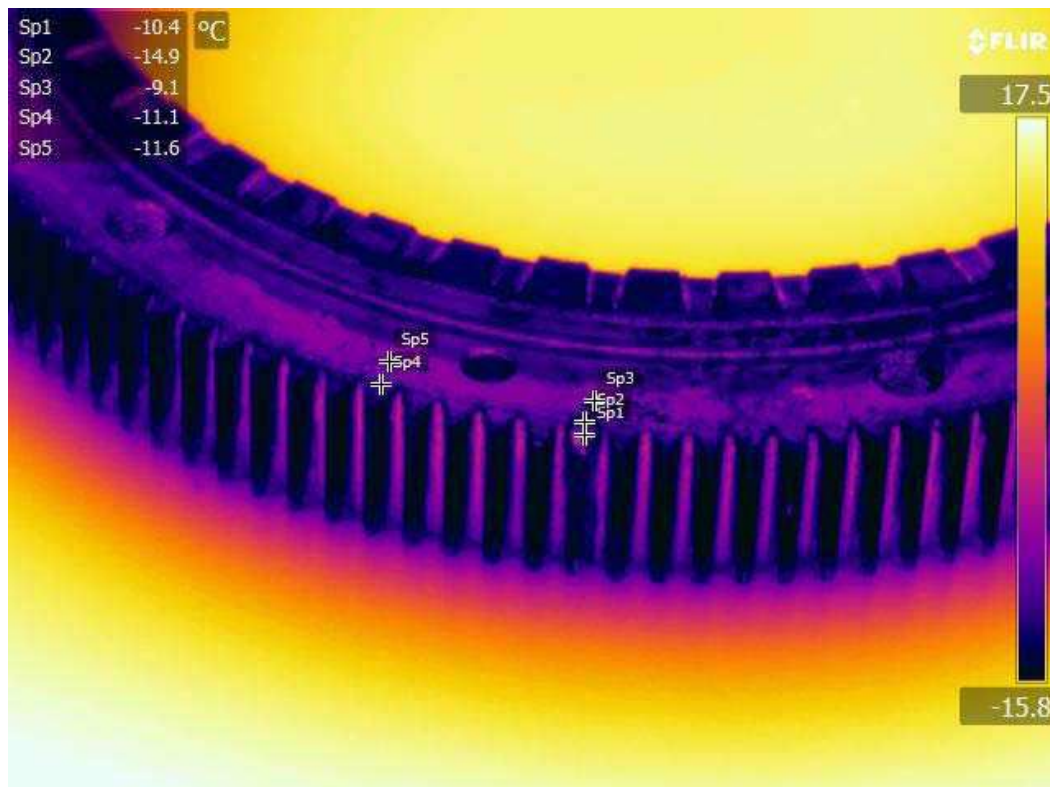
도면6



도면7



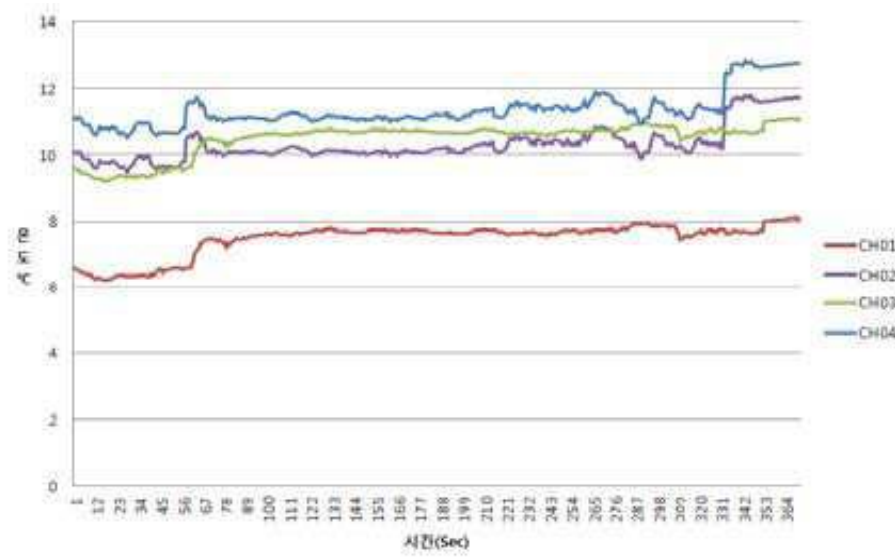
도면8



도면9



도면10



도면11

