



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2014년06월03일  
 (11) 등록번호 10-1402306  
 (24) 등록일자 2014년05월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G06F 19/00 (2011.01) B63B 59/04 (2006.01)  
 B63B 9/00 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2013-0076840  
 (22) 출원일자 2013년07월02일  
 심사청구일자 2013년07월02일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 2012년도 한국해양과학기술협의회 공동학술대회  
 부식 및 도장관련 잔여수명 예측 시스템 설계

(73) 특허권자  
 한국기계연구원  
 대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)  
 (72) 발명자  
**박성환**  
 대전 유성구 가정로 43, 106동 1803호 (신성동,  
 삼성한올아파트)  
**이한민**  
 경기 용인시 기흥구 탑실로 152, 206동 1003호 (공세동,  
 탑실마을대주피오레2단지)  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 특허법인 신지

전체 청구항 수 : 총 13 항

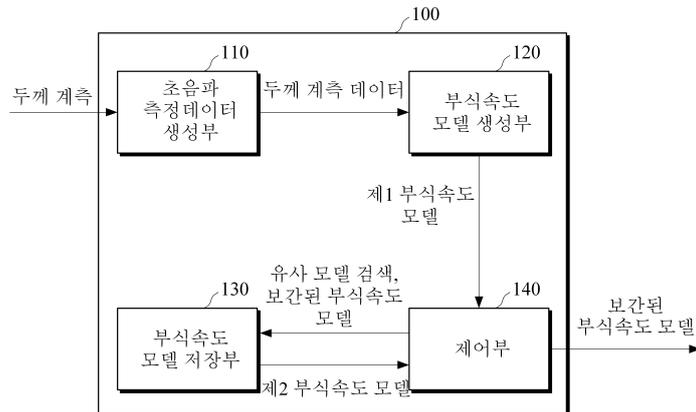
심사관 : 김동성

(54) 발명의 명칭 **선박 부식 관리 장치 및 방법**

**(57) 요약**

본 발명에 따른 선박 부식 관리 장치는 대상 선박을 구성하는 부재의 두께를 측정하여 두께 측정 데이터를 생성하는 초음파 측정데이터 생성부, 두께 측정 데이터에 기초하여 제1 부식속도 모델을 생성하는 부식속도 모델 생성부, 기존의 선박에 대한 부식속도 모델인 다수의 제2 부식속도 모델을 저장하며, 수신된 요청에 기초하여 저장된 다수의 제2 부식속도 모델 중에서 대응하는 제2 부식속도 모델을 전달하는 부식속도 모델 저장부 및 대상 선박과 유사한 선박의 제2 부식속도 모델을 부식속도 모델 저장부에 요청하며, 제2 부식속도 모델을 통해 상기 제1 부식속도 모델을 보간하여 보간된 부식속도 모델을 생성하는 제어부를 포함한다. 그리고 제어부는 보간된 부식속도 모델에 기초하여 상기 대상 선박의 부식 잔여수명을 예측할 수 있다.

**대표도 - 도1**



(72) 발명자

**이재경**

대구광역시 중구 문화동 문화마을아파트 203동 60  
4호

**차무현**

대전 유성구 가정북로 156, 한국기계연구원 시스템  
신뢰성연구실 (장동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415122521

부처명 지식경제부

연구사업명 산업융합기술산업원천기술개발사업

연구과제명 선박 및 해양플랜트의 운영단계 생애주기 관리 시스템 개발

기여율 1/1

주관기관 (사)한국선급

연구기간 2012.06.01 ~ 2013.05.31

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

대상 선박을 구성하는 부재의 두께를 측정하여 두께 계측 데이터를 생성하는 초음파 측정데이터 생성부;

상기 두께 계측 데이터에 기초하여 제1 부식속도 모델을 생성하는 부식속도 모델 생성부;

기존의 선박에 대한 부식속도 모델인 다수의 제2 부식속도 모델을 저장하며, 수신된 요청에 기초하여 상기 저장된 다수의 제2 부식속도 모델 중에서 대응하는 제2 부식속도 모델을 전달하는 부식속도 모델 저장부; 및

상기 대상 선박과 선박의 종류, 선령, 규모 및 운영환경이 대응하는 유사 선박의 제2 부식속도 모델을 상기 부식속도 모델 저장부에 요청하며, 상기 제2 부식속도 모델을 통해 상기 제1 부식속도 모델을 보간(Interpolation)하여 보간된 부식속도 모델을 생성하는 제어부;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 선박 부식 관리 장치.

**청구항 2**

제 1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 보간된 부식속도 모델에 기초하여 상기 대상 선박의 부식 잔여수명을 예측하는 것을 특징으로 하는 선박 부식 관리 장치.

**청구항 3**

제 1항에 있어서,

상기 초음파 측정데이터 생성부는,

상기 선박을 구성하는 다수의 부재를 분류하여 그룹핑(Grouping)하고, 상기 그룹핑된 부재에 대해 두께 계측위치 및 계측점의 수를 설정하여 두께를 측정하는 것을 특징으로 하는 선박 부식 관리 장치.

**청구항 4**

제 1항에 있어서,

상기 부식속도 모델 생성부는,

상기 두께 계측 데이터로부터 각 두께 데이터별로 부식속도를 계산하고, 상기 계산된 부식속도별로 빈도를 계산하며, 상기 계산된 빈도에 최소 자승법(Least Square Method)을 적용하여 확률통계 모델인 제1 부식속도 모델을 생성하는 것을 특징으로 하는 선박 부식 관리 장치.

**청구항 5**

제 1항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제1 부식속도 모델 및 상기 제2 부식속도 모델에 가중치(Weight function)을 부여하고, 상기 부여된 가중치를 고려하여 보간된 부식속도 모델을 생성하는 것을 특징으로 하는 선박 부식 관리 장치.

**청구항 6**

제 5항에 있어서,

상기 가중치는,

상기 제1 부식속도 모델의 신뢰도, 상기 제2 부식속도 모델의 신뢰도 및 상기 대상 선박과 상기 유사 선박 사이의 종류, 선령 규모 및 운영환경이 대응하는 정도 중에서 적어도 어느 하나를 고려하여 설정되는 것을 특징으로

하는 선박 부식 관리 장치.

**청구항 7**

제 1항에 있어서,

상기 부식속도 모델 저장부는 상기 제어부에서 생성된 보관된 부식속도 모델을 저장하는 것을 특징으로 하는 선박 부식 관리 장치.

**청구항 8**

선박 부식 관리 장치를 이용한 선박 부식 관리 방법에 있어서,

대상 선박을 구성하는 부재의 두께 측정데이터를 분류하는 단계;

상기 측정된 부재의 두께에 기초하여 제1 부식속도 모델을 생성하는 단계;

상기 대상 선박과 선박의 종류, 선령, 규모 및 운영환경이 대응하는 유사 선박의 제2 부식속도 모델을 검색하는 단계; 및

상기 검색된 제2 부식속도 모델로 상기 생성된 제1 부식속도 모델을 보간하여 보관된 부식속도 모델을 생성하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 선박 부식 관리 방법.

**청구항 9**

제 8항에 있어서,

상기 생성된 보관된 부식속도 모델에 기초하여 상기 대상 선박의 부식 잔여수명을 예측하는 단계;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 선박 부식 관리 방법.

**청구항 10**

제 8항에 있어서,

상기 대상 선박을 구성하는 부재의 두께 측정데이터를 분류하는 단계는,

상기 대상 선박을 구성하는 다수의 부재를 분류하여 그룹핑하고, 상기 그룹핑된 부재에 대해 두께 계측위치 및 계측점의 수를 설정하여 두께를 측정하는 것을 특징으로 하는 선박 부식 관리 방법.

**청구항 11**

제 8항에 있어서,

상기 측정된 부재의 두께에 기초하여 제1 부식속도 모델을 생성하는 단계는,

상기 측정된 두께 데이터로부터 각 두께 데이터별로 부식속도를 계산하고, 상기 계산된 부식속도별로 빈도를 계산하며, 상기 계산된 빈도에 최소 자승법(Least Square Method)을 적용하여 확률통계 모델인 제1 부식속도 모델을 생성하는 것을 특징으로 하는 선박 부식 관리 방법.

**청구항 12**

제 8항에 있어서,

상기 검색된 제2 부식속도 모델로 상기 생성된 제1 부식속도 모델을 보간하여 보관된 부식속도 모델을 생성하는 단계는,

상기 제1 부식속도 모델 및 상기 제2 부식속도 모델에 가중치를 부여하고, 상기 부여된 가중치를 고려하여 보관된 부식속도 모델을 생성하는 것을 특징으로 하는 선박 부식 관리 방법.

**청구항 13**

제 12항에 있어서,

상기 가중치는,

상기 제1 부식속도 모델의 신뢰도, 상기 제2 부식속도 모델의 신뢰도 및 상기 대상 선박과 상기 유사 선박 사이의 종류, 선령 규모 및 운영환경이 대응하는 정도 중에서 적어도 어느 하나를 고려하여 설정되는 것을 특징으로 하는 선박 부식 관리 방법.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 선박에 발생하는 부식을 검사하기 위한 장치로서, 보다 상세하게는 선박의 부식으로부터 선박 부식속도 모델을 생성하여, 보다 효과적으로 선박에 발생한 부식을 관리하기 위한 기술임.

**배경기술**

[0002] 선박은 직접 해수에 노출되거나, 해양의 습한 공기에 노출되어 있기 때문에, 습식 전기화학적 부식의 위험에 항상 노출되어 있다. 선박의 부식 환경은 전도성이 높은 해수에 항상 잠겨있는 부분, 해양의 대기에 노출된 부분 및 해수/습한 공기에 접하는 부분 등으로 나눌 수 있다. 이와 같은 선박의 부식에 의한 손상을 방지하기 위해서 선박의 구조물 건조 시 도장작업을 수행하게 된다. 선박의 구조적인 결함에 기인한 손상의 상당수는 부식에 의한 손상이 원인이다. 따라서 각국 선급에서는 선체 부식상태의 선급기준 검사를 강화하고, 과대하게 부식된 선체 부재에 대한 수리지침을 제공하며, 부식 속도 모델 개발 등의 연구를 진행해왔다.

[0003] TSCF(Tanker Structure Co-operative Forum)에서는 유조선에 대한 방대한 자료를 바탕으로 확률통계적인 방법을 통해 부식 손상 예측모델을 도출하였다. 일반적으로 선체 검사를 통한 부식 상태 검사는 상당한 비용이 요구되는 작업임에도 불구하고, 측정 데이터를 충분히 효과적으로 활용되지 않고 있다. 이러한 이유로, 보다 효과적인 부식 상태 검사를 위해, 부식 상태에서 측정된 데이터를 기반으로 하여 다양한 부식 손상에 관한 모델이 연구되고 있다. 하지만, 선박의 부식 상태를 측정하여 생성된 부식 상태 모델은 측정 데이터가 불충분하여, 생성된 부식 상태 모델을 신뢰하기 어렵다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0004] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 선박으로부터 측정된 부식 상태 데이터에 기초하여, 더욱 높은 신뢰도를 가지는 부식속도 모델을 생성하기 위한 기술을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0005] 본 발명에 따른 선박 부식 관리 장치는 대상 선박을 구성하는 부재의 두께를 측정하여 두께 측정 데이터를 생성하는 초음파 측정 데이터 생성부, 두께 측정 데이터에 기초하여 제1 부식속도 모델을 생성하는 부식속도 모델 생성부, 기존의 선박에 대한 부식속도 모델인 다수의 제2 부식속도 모델을 저장하며, 수신된 요청에 기초하여 저장된 다수의 제2 부식속도 모델 중에서 대응하는 제2 부식속도 모델을 전달하는 부식속도 모델 저장부 및 대상 선박과 유사한 선박의 제2 부식속도 모델을 부식속도 모델 저장부에 요청하며, 제2 부식속도 모델을 통해 상기 제1 부식속도 모델을 보간(Interpolation)하여 보간된 부식속도 모델을 생성하는 제어부를 포함한다. 그리고 제어부는 보간된 부식속도 모델에 기초하여 상기 대상 선박의 부식 잔여수명을 예측할 수 있다.

[0006] 초음파 측정데이터 생성부는 선박을 구성하는 다수의 부재를 분류하여 그룹핑(Grouping)하고, 그룹핑된 부재에 대해 두께 측정위치 및 측정점의 수를 설정하여 두께 측정 결과를 보관한다. 부식속도 모델 생성부는 두께 측정 데이터로부터 각 두께 데이터별로 부식속도를 계산하고, 계산된 부식속도별로 빈도를 계산하며, 상기 계산된 빈도에 최소 자승법(Least Square Method)을 적용하여 확률통계 모델인 제1 부식속도 모델을 생성한다. 그리고 제어부는 제1 부식속도 모델 및 제2 부식속도 모델에 가중치(Weight function)을 부여하고, 부여된 가중치를 고려하여 보간된 부식속도 모델을 생성한다. 여기에서 가중치는 제1 부식속도 모델의 신뢰도, 제2 부식속도 모델의 신뢰도 및 대상 선박과 유사 선박 사이의 유사도 중에서 적어도 어느 하나를 고려하여 설정할 수 있다.

[0007] 본 발명에 따른 선박 부식 관리 방법은 먼저, 대상 선박을 구성하는 부재의 두께 측정데이터를 속성별로 분류하여 보관한다. 그리고 측정된 부재의 두께에 기초하여 제1 부식속도 모델을 생성한다. 다음으로 대상 선박과 유사한 선박의 제2 부식속도 모델을 검색한다. 제1 부식속도 모델이 생성되고, 제2 부식속도 모델이 검색되면, 검

색된 제2 부식속도 모델로 생성된 제1 부식속도 모델을 보간하여 보간된 부식속도 모델을 생성한다. 다음으로 생성된 보간된 부식속도 모델에 기초하여 대상 선박의 부식 잔여수명을 예측한다.

**발명의 효과**

[0008] 본 발명에 따른 선박 부식 관리 장치 및 방법은 종래에 선박의 두께를 통해 생성한 예측모델과 달리 유사 선박의 부식속도 모델을 데이터베이스화하고, 유사 선박의 부식속도 모델을 통해 대상 선박에 대응하여 생성된 부식속도 모델을 보간함으로써, 높은 신뢰도를 가질 수 있다. 높은 신뢰도를 가지는 부식속도 모델은 더욱 정확한 부식 잔여수명을 예측할 수 있다. 이를 통해 선박을 직접 검사하는 횟수를 줄일 수 있기 때문에, 선박을 직접 검사하는데 요구되는 많은 시간과 비용을 절약할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0009] 도 1은 본 발명에 따른 선박 부식 관리 장치의 일 실시예를 나타내는 구성도이다.  
 도 2는 선박의 선체에 발생하는 부식의 일례를 나타내는 도면이다.  
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 선박 부식 관리 장치의 제1 부식속도 모델을 나타내는 도면이다.  
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 선박 부식 관리 장치의 보간된 부식속도 모델을 생성하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.  
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 선박 부식 관리 방법을 나타내는 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0010] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다. 본 명세서에서 사용되는 용어는 실시예에서의 기능 및 효과를 고려하여 선택된 용어들로서, 그 용어의 의미는 사용자 또는 운용자의 의도 또는 업계의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서 후술하는 실시예들에서 사용된 용어의 의미는, 본 명세서에 구체적으로 명시된 경우에는 명시된 정의에 따르며, 구체적으로 명시하지 않는 경우, 당업자들이 일반적으로 인식하는 의미로 해석되어야 할 것이다.

[0011] 도 1은 본 발명에 따른 선박 부식 관리 장치의 일 실시예를 나타내는 구성도이다.

[0012] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 선박 부식 관리 장치는 초음파 측정데이터 생성부(110), 부식속도 모델 생성부(120), 부식속도 모델 저장부(130) 및 제어부(140)를 포함한다.

[0013] 초음파 측정데이터 생성부(110)는 초음파를 이용하여 선체의 여러 부위의 두께 값을 속성별로 분류 관리하는 장치이다. 초음파 두께 측정기를 이용한 두께 측정값(Thickness Measurement)은 한국선급의 선급기술규칙에 규정된 내용에 따라 다수의 부재를 분류하여 그룹핑(Grouping)하고, 그룹핑된 부재에 대해 두께 계측위치 및 계측점의 수를 설정하는 것이 바람직하다. 선체로부터 두께를 계측하여 측정된 두께 계측 데이터를 부식속도 모델 생성부(120)로 전달한다.

[0014] 부식속도 모델 생성부(120)는 초음파 측정데이터 생성부(110)를 통해 선체로부터 측정된 두께 계측 데이터에 기초하여 부식속도 모델을 생성한다. 부식속도 모델 생성부(120)는 수신된 두께 측정 데이터에 기초하여 각각의 두께 데이터별 부식속도를 계산하고, 계산된 부식속도별 빈도를 계산하여 확률통계 모델을 통해 부식속도 모델을 생성할 수 있다. 부식속도 모델 생성부(120)는 대상 선박을 구성하는 다수의 부재 각각에 대해 부식속도 모델을 생성한다. 부식속도 모델 생성부(120)에서 생성되는 대상 선박의 해당 부재에 대한 부식속도 모델을 이하, 제1 부식속도 모델이라 칭한다.

[0015] 부식속도는 코팅 방법, 방식 장치 유무, 보수유지 정보, 구조설계, 부식환경, 밸러스트(Ballast), 탱크관리 상태 및 적재화물에 따라 달라질 수 있어, 일반적으로 부식속도는 불확실성 요인이 된다. 이를 해결하기 위해 확률통계론적 처리를 통해 확률통계 모델로서 부식속도 모델을 생성할 수 있다. 하지만 확률통계 모델을 통해 부식속도 모델을 생성하는 것은 하나의 바람직한 실시예일뿐, 이것으로 부식속도 모델을 한정하는 것은 아니며, 다양한 모델 생성 기법을 통해 부식속도 모델을 생성할 수 있다. 부식속도 모델에 대한 추가적인 설명은 후술하는 도 3에서 설명하도록 한다. 부식속도 모델 생성부(120)는 생성된 제1 부식속도 모델에 대한 정보를 제어부(140)로 전달한다.

- [0016] 부식속도 모델 저장부(130)는 다수의 선박에 대한 부식속도 모델을 데이터베이스(Database)화 하여 저장한다. 부식속도 모델 저장부(130)는 다양한 선박에 대한 부식속도 모델을 선박의 종류, 선령(Ship's Age), 규모 및 운영환경 등을 고려하여 분류할 수 있다. 그리고 부식속도 모델 저장부(130)는 각각의 선체를 구성하는 다양한 종류의 부재에 대해 위치, 부식환경 및 소재를 고려하여 분류할 수 있다. 부식속도 모델 저장부(130)에 저장된 다수의 부식속도 모델 중에서 제어부(140)에 의해 검색된 부식속도 모델을 이하 제2 부식속도 모델이라 칭한다.
- [0017] 부식속도 모델 저장부(130)는 제어부(140)의 요청에 따라 해당하는 제2 부식속도 모델을 제어부(140)로 전달한다. 그리고 제어부(140)로부터 전달된 보간된 부식속도 모델을 데이터베이스에 저장한다. 제어부(140)에서 제2 부식속도 모델을 통해 제1 부식속도 모델을 보간하여 생성된 보간된 부식속도 모델이 부식속도 모델 저장부(130)에 저장됨으로써, 부식속도 모델 저장부(130)의 데이터베이스는 점점 더 많은 양의 부식속도 모델에 대한 데이터를 누적할 수 있다. 부식속도 모델 저장부(130)에 누적된 부식속도 모델의 양의 증가할수록, 보간된 부식속도 모델의 신뢰도 또한 증가할 수 있다.
- [0018] 제어부(140)는 부식속도 모델 저장부(130)에 저장된 다수의 부식속도 모델 중에서 현재 부식속도 모델을 생성하는 대상 선박과 유사한 선박에 대한 부식속도 모델을 검색한다. 대상 선박과 유사한 선박을 선택하는 기준은 선박의 종류, 선령, 규모 및 운영환경을 고려할 수 있다. 그리고 제어부(130)는 검색된 유사 선박을 구성하는 다수의 부재 중에서 대상 선박을 구성하는 다수의 부재와 유사한 부재를 검색한다. 제어부(140)는 대상 선박의 해당 부재가 설치된 위치, 부식환경 및 소재를 고려하여 대상 선박의 해당 부재에 대응하는 유사 부재를 검색하여 선택할 수 있다.
- [0019] 그리고 제어부(140)는 부식속도 모델 생성부(120)로부터 수신된 제1 부식속도 모델을 제2 부식속도 모델을 이용하여 보간(Interpolation)한다. 제어부(140)는 제1 부식속도 모델 및 제2 부식속도 모델을 구성하는 각각의 파라미터(Parameter)에 대해 가중치(Weight Function)를 부여하고, 부여된 가중치를 고려하여 제1 부식속도 모델을 보간한다. 부여되는 가중치는 대상 선박의 데이터 량, 대상 선박에서 측정된 데이터의 신뢰도 및 제2 부식속도 모델의 신뢰도를 고려하여 계산될 수 있다. 또한 가중치는 대상 선박과 부식속도 모델 저장부(130)로부터 검색된 유사 선박 사이의 유사도를 고려하여 계산될 수 있다. 제어부(140)에서 제2 부식속도 모델을 통해 제1 부식속도 모델을 보간하는 방법은 후술하는 도 4에서 설명하도록 한다.
- [0020] 또한, 제어부(140)는 보간된 부식속도 모델을 통해 대상 선박의 해당 부재에 대한 부식 잔여수명을 예측한다. 보간된 부식속도 모델을 통해 대상 선박의 해당 부재에 대한 부식 잔여수명을 예측함으로써, 해당 부재 또는 선박 전체에 대한 보수 시기를 예상할 수 있어, 보다 효과적인 선박의 관리가 가능하다. 특히, 본 발명에 따른 부식속도 관리 장치는 초음파 두께 측정장치를 통해 측정된 두께 계측 데이터로부터 생성된 제1 부식속도 모델에 대하여 제2 부식속도 모델을 통해 보간하는 과정을 거치기 때문에, 보간된 부식속도 모델은 제1 부식속도 모델보다 더 높은 신뢰도를 가진다. 따라서, 보간된 부식속도 모델을 사용함으로써 더욱 정확하게 해당 부재에 대한 부식 잔여수명을 예측할 수 있다.
- [0021] 도 2는 선박의 선체에 발생하는 부식의 일례를 나타내는 도면이다.
- [0022] 도 2를 참조하면, 선박은 항해를 하면서 항상 전도성이 높은 해수와 직접 접촉하거나, 해양의 습한 공기에 노출되어 있기 때문에 선체 표면에 부식이 발생하게 된다. 이러한 부식을 방지하기 위해 다양한 코팅 방법들이 개발되어 왔으나 부식을 완벽하게 방지하기는 어렵다. 선체에 발생하는 부식의 종류는 크게 전면부식(General Corrosion, 201), 국부부식(Localized Corrosion, 202) 및 국부부식에서 발생한 균열 형상(203)의 세 가지로 단순화시킬 수 있다. 전면부식(201)은 선체를 구성하는 금속 부재의 표면이 전면이 걸쳐 균등하게 부식되는 것을 말한다. 전면부식(201)은 선체의 넓은 표면에 균등한 깊이로 발생하는 부식이다. 반면에, 국부부식(202)은 전면부식(201)에 상대되는 부식의 종류로서, 전면이 균등하게 부식되는 전면부식(201)과 달리 금속 부재의 표면의 일부에 집중적으로 발생하는 부식이다. 국부부식(202)은 선체를 구성하는 금속 부재의 표면에 국부적으로 부식이 진행되어 구멍 또는 홈 모양의 부식 흔적을 형성한다. 국부부식에 발생한 균열 형상(203)은 금속 부재의 표면에 발생한 국부부식(202)에 균열이 발생한 형태를 나타낸다.
- [0023] 이와 같이 선체를 구성하는 금속 부재의 표면에 발생한 부식은 그 종류와 형상이 매우 다양하게 나타난다. 부재의 두께를 측정하여 확인된 부식으로부터 부식속도를 계산하는 것은 이러한 불확실성 요인으로 인해 확률통계론적 처리가 필요하다. 부식속도는 코팅 방법, 방식 장치 유무, 보수유지 정도, 구조설계 방법, 운항 장소, 부식환경, 밸러스트, 탱크 청소 주기/방법 및 적재화물의 종류/온도 등에 영향을 받기 때문에, 이러한 불확실성 요인들로 인해 단순 계산이 아닌 확률통계론적 처리가 필요하다. 이를 해결하기 위해 확률통계론적 처리를 통해

확률통계 모델로서 부식속도 모델을 생성할 수 있다.

[0024] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 선박 부식 관리 장치의 제1 부식속도 모델을 나타내는 도면이다.

[0025] 도 3을 참조하면, 부식속도 모델을 생성하는 과정은 먼저, 측정된 금속 부재의 두께 측정 데이터로부터 각 두께 데이터 별로 수학식 1을 통해 부식속도를 계산한다. 상술한 내용과 같이 부재에 생성된 부식은 부식의 깊이, 형상 및 면적이 매우 불규칙적으로 나타나기 때문에, 부식속도 또한 불규칙적으로 나타나게 된다. 따라서, 각각의 두께 데이터 별로 부식속도를 계산하고, 계산된 각각의 부식속도 별 빈도(302)를 계산한다. 그리고 부식속도 별 빈도(302)에 대해 후술하는 수학식 2, 수학식 3 및 수학식 4를 통해 확률통계 모델을 구축하여 제1 부식속도 모델(301)을 생성한다.

**수학식 1**

[0026] 
$$c_1 = \frac{t_r}{(T - T_c)}$$

[0027] 수학식 1에서  $c_1$ 은 부식속도,  $t_r$ 은 측정된 부식두께,  $T$ 는 검사년도 그리고  $T_c$ 는 코팅기간을 나타낸다.

[0028] 그리고 후술하는 수학식 2를 이용하여 부식속도별 빈도를 계산한다.

**수학식 2**

[0029] 
$$f_c = \frac{\lambda}{\alpha} \left(\frac{x}{\alpha}\right)^{\lambda-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\lambda\right]$$

[0030] 수학식 2는 와이블 확률밀도함수(Weibull Probability Density Function)를 나타낸다. 수학식 2에서  $f_c$ 는  $c_1$ 에 대한 확률밀도,  $x$ 는 부식속도,  $\alpha$ 는 척도 모수(Scale Parameter),  $\lambda$ 는 형상 모수(Shape Parameter)를 나타낸다.

**수학식 3**

[0031] 
$$F_{c_1} = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\alpha}\right)^\lambda\right]$$

[0032] 수학식 3은 와이블 누적분포함수 (Weibull Cumulative Distribution Function)을 나타낸다. 수학식 3에서

$F_{c_1}$ 은 부식속도  $c_1$ 에 대한 누적빈도를 나타낸다.

수학식 4

$$Y = \lambda X - \lambda \ln \alpha$$

[0033]

$$X = \ln x$$

[0034]

$$Y = \ln[-\ln(1 - F_{c_1}(x))]$$

[0035]

[0036]

수학식 4는 통계모델 피팅(Fitting)을 위해 선형화된 수식을 나타낸다. 수학식4로부터 측정된 두께 계측 데이터에 최소 자승법(Least Square Method)를 적용하여 수학식 2의 척도 모수  $\alpha$  및 형상 모수  $\lambda$ 를 결정한다. 부식속도 모델 생성부는 수학식 2, 수학식 3 및 수학식 4를 통해 측정된 두께 계측 데이터로부터 생성된 부식시간 빈도(302)에 대해 확률모델 피팅을 통해 제1 부식속도 모델(301)을 생성한다.

[0037]

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 선박 부식 관리 장치의 보관된 부식속도 모델을 생성하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0038]

도 4를 참조하면, 제1 부식속도 모델(401)은 부식속도 모델 생성부에서 도 3에 설명된 방법을 통해 측정된 두께 계측 데이터로부터 생성된다. 하지만, 두께 계측 데이터가 일반적으로 충분하지 않기 때문에, 측정된 두께 계측 데이터로부터 생성된 제1 부식속도 모델(401) 또한 신뢰도가 낮다. 따라서, 제1 부식속도 모델(401)만을 이용하여 부식 잔여수명을 예측하는 경우, 예측의 정확도가 떨어질 수 있다. 제1 부식속도 모델(401)이 가지는 이러한 문제를 해결하기 위하여 부식속도 모델 저장부에 저장된 제2 부식속도 모델(402)을 사용하여 제1 부식속도 모델(401)을 보간한다.

[0039]

제2 부식속도 모델(402)은 과거로부터 누적된 선박에 대한 다수의 부식속도 모델로서, 데이터베이스화되어 부식속도 모델 저장부에 저장된다. 제2 부식속도 모델(402)은 선박의 종류, 선령, 규모 및 운영환경 등을 고려하여 분류된다. 또한, 제2 부식속도 모델(402)은 하나의 선체를 구성하는 다수의 금속 부재 각각에 대해 위치, 부식환경 및 소재를 고려하여 분류된다.

[0040]

부식속도 모델 저장부에 저장된 다수의 부식속도 모델 중에서 제1 부식속도 모델(401)이 생성된 대상 선박에 대응하는 유사 선박을 검색하고, 대상 선박의 부재에 대응하는 유사 부재를 검색한다. 유사 선박은 선종, 선령, 규모 및 운영환경을 고려하여 선택되며, 유사 선박의 유사 부재는 각 부재가 설치된 위치, 부식환경 및 소재의 종류를 고려하여 선택된다.

[0041]

그리고 제2 부식속도 모델(402)을 통해 제1 부식속도 모델(401)을 보간한다. 제2 부식속도 모델(402)을 통해 제1 부식속도 모델(401)을 보간할 때, 제1 부식속도 모델(401) 및 제2 부식속도 모델(402)에 대해 가중치를 고려하여 보간한다. 가중치는 여러 가지 요인을 고려하여 설정될 수 있다. 제1 부식속도 모델(401)이 생성된 대상 선박에 대한 두께 측정 데이터의 양을 고려하여 가중치를 설정할 수 있다. 대상 선박의 두께 측정 데이터의 양이 많을수록 제1 부식속도 모델(401)의 정확도가 증가하기 때문에, 동시에 제1 부식속도 모델(401)의 가중치를 증가시킬 수 있다. 그리고, 제2 부식속도 모델(402)의 신뢰도를 고려하여 가중치를 설정할 수 있다. 제2 부식속도 모델(402)을 생성하는데 사용된 두께 측정 데이터의 양이나 생성 방법 등에 따라 제2 부식속도 모델(402)에 대한 신뢰도가 달라질 수 있다. 따라서, 제2 부식속도 모델(402)의 신뢰도에 기초하여 가중치를 조절할 수 있다.

[0042]

또한, 제1 부식속도 모델(401)이 생성된 대상 선박과 제2 부식속도 모델(402)이 생성된 유사 선박 사이의 유사도를 고려하여 가중치를 설정할 수 있다. 여러가지 분류 조건을 기준으로 하여 대상 선박과 유사한 선박을 검색한다. 하지만, 대상 선박과 유사 선박이 완전히 동일하기는 어렵다. 항상 동일한 선박이 존재하지 않을 수 있기 때문에, 동일한 선박이 아닌 가장 유사한 선박을 검색할 수 있다. 그리고, 대상 선박과 유사 선박이 동일한 선

박이라 할지라도, 선령, 운영환경, 객체화물 및 선박의 목적 등에 따라 선체를 구성하는 각각의 금속 부재의 부식 정도는 달라질 수 있다. 따라서, 대상 선박과 유사 선박 사이의 유사도를 고려하여 가중치를 설정한다.

[0043] 상술한 내용을 통해 설정된 가중치를 고려하여 제2 부식속도 모델(402)로 제1 부식속도 모델(401)을 보간하여 보간된 부식속도 모델(403)을 생성한다. 보간된 부식속도 모델(403)은 가중치를 고려한 보간 과정을 통해 제1 부식속도 모델(401)보다 상대적으로 더 높은 신뢰도를 가진다. 따라서 보간된 부식속도 모델(401)을 통해 대상 선박의 해당 부재에 대한 부식 잔여수명을 예측함으로써, 제1 부식속도 모델(401)을 통해 대상 선박의 해당 부재에 대한 부식 잔여수명을 예측하는 것보다 더 신뢰도가 높은 결과를 얻을 수 있다. 결국, 이를 통해 부식 잔여수명을 보다 정확하게 예측할 수 있다.

[0044] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 선박 부식 관리 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0045] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 선박 부식 관리 방법은 먼저, 대상 선박을 구성하는 다수의 부재 두께 측정데이터를 생성한다(501). 대상 선박을 구성하는 각각의 부재는 초음파를 이용하여 두께를 측정한다. 선박을 구성하는 다수의 금속 부재에 대해 두께를 측정하는 과정은 먼저, 다수의 금속 부재를 설정된 기준에 따라 분류하고 그룹을 형성한다. 그리고 그룹으로 형성된 부재 각각에 대해 두께 측정위치 및 측정점의 수를 설정한다. 초음파 두께 측정기를 이용한 두께 측정은 한국선급의 선급기술규칙에 규정된 내용에 따라 두께 측정위치 및 측정점의 수를 설정하는 것이 바람직하다.

[0046] 그리고 생성된 두께 측정 데이터에 기초하여 제1 부식속도 모델을 생성한다(502). 선체에 발생한 부식은 전면부식, 국부부식 및 국부부식에서 발생한 균열 형상 등 여러 가지 종류를 나타낼 뿐만 아니라, 코팅 방법, 방식 장치 유무, 보수유지 정도, 구조설계 방법, 운항 장소, 부식 환경, 밸러스트, 탱크 청소 주기/방법 및 적재화물의 종류/온도 등 매우 다양한 요인에 의해 영향을 받는다. 따라서, 이러한 불확실성 요인들로 인해 제1 부식속도 모델은 확률통계론 적 처리를 통해 확률통계 모델로서 구축된다.

[0047] 제1 부식속도 모델을 생성하는 과정은 측정된 두께 측정 데이터로부터 각 두께 데이터별로 수학적 1을 통해 부식속도를 계산한다. 상술한 내용과 같이 부재에 생성된 부식은 부식의 깊이, 형상 및 면적이 매우 불규칙적으로 나타나기 때문에, 부식속도 또한 불규칙적으로 나타나게 된다. 따라서, 각각의 두께 데이터별로 부식속도를 계산하고, 계산된 각각의 부식속도별 빈도를 계산한다. 그리고 부식속도별 빈도에 대해 수학적 2, 수학적 3 및 수학적 4를 적용하여 확률통계 모델을 구축하여 제1 부식속도 모델을 생성한다. 제1 부식속도 모델을 생성하는 구체적인 과정은 도 2의 내용을 참조한다.

[0048] 제1 부식속도 모델을 생성하면, 대상 선박과 유사한 선박의 제2 부식속도 모델을 검색한다(503). 본 발명에서는 다수의 선박에 대한 부식속도 모델을 데이터베이스화 하여 저장한다. 다양한 선박에 대한 부식속도 모델을 선박의 종류, 선령, 규모 및 운영환경 등을 고려하여 분류할 수 있다. 그리고 각각의 선체를 구성하는 다양한 종류의 부재를 위치, 부식환경 및 소재를 고려하여 분류할 수 있다. 제2 부식속도 모델은 이와 같은 방법으로 과거로부터 누적된 다수의 부식속도 모델이다. 다수의 부식속도 모델 중에서 제1 부식속도 모델이 생성된 대상 선박에 대응하는 유사 선박을 검색한다. 그리고, 검색된 유사 선박을 구성하는 다수의 부재 중에서 대상 선박의 해당 부재에 대응하는 유사 부재를 검색한다.

[0049] 제1 부식속도 모델이 생성되고, 제2 부식속도 모델이 검색되면, 제2 부식속도 모델로 제1 부식속도 모델을 보간하여 보간된 부식속도 모델을 생성한다(504). 제2 부식속도 모델을 통해 제1 부식속도 모델을 보간할 때, 제1 부식속도 모델 및 제2 부식속도 모델에 대해 가중치를 고려하여 보간한다. 가중치는 여러 가지 요인을 고려하여 설정될 수 있다. 제1 부식속도 모델이 생성된 대상 선박에 대한 두께 측정 데이터의 양을 고려하여 가중치를 설정할 수 있다. 대상 선박의 두께 측정 데이터의 양이 많을수록 제1 부식속도 모델의 정확도가 증가하기 때문에, 동시에 제1 부식속도 모델의 가중치를 증가시킬 수 있다. 그리고, 제2 부식속도 모델의 신뢰도를 고려하여 가중치를 설정할 수 있다. 제2 부식속도 모델을 생성하는데 사용된 두께 측정 데이터의 양이나 생성 방법 등에 따라 제2 부식속도 모델에 대한 신뢰도가 달라질 수 있다. 따라서, 제2 부식속도 모델의 신뢰도에 기초하여 가중치를 조절할 수 있다.

[0050] 또한, 제1 부식속도 모델이 생성된 대상 선박과 제2 부식속도 모델이 생성된 유사 선박 사이의 유사도를 고려하여 가중치를 설정할 수 있다. 여러 가지 분류 조건을 기준으로 하여 대상 선박과 유사한 선박을 검색한다. 하지만, 대상 선박과 유사 선박이 완전히 동일하기는 어렵다. 항상 동일한 선박이 존재하지 않을 수 있기 때문에, 동일한 선박이 아닌 가장 유사한 선박을 검색할 수 있다. 그리고, 대상 선박과 유사 선박이 동일한 선박이라 할지라도, 선령, 운영환경, 객체화물 및 선박의 목적 등에 따라 선체를 구성하는 각각의 금속 부재의 부식 정도는

달라질 수 있다. 따라서, 대상 선박과 유사 선박 사이의 유사도를 고려하여 가중치를 설정한다.

[0051] 상술한 내용을 통해 설정된 가중치를 고려하여 제2 부식속도 모델로 제1 부식속도 모델을 보간하여 보간된 부식속도 모델을 생성한다. 보간된 부식속도 모델은 가중치를 고려한 보간 과정을 통해 제1 부식속도 모델보다 상대적으로 더 높은 신뢰도를 가진다. 따라서 보간된 부식속도 모델을 통해 대상 선박의 해당 부재에 대한 부식 잔여수명을 예측함으로써, 제1 부식속도 모델을 통해 대상 선박의 해당 부재에 대한 부식 잔여수명을 예측하는 것보다 더 신뢰도가 높은 결과를 얻을 수 있다. 결국, 이를 통해 부식 잔여수명을 더욱 정확하게 예측할 수 있다.

[0052] 보간된 부식속도 모델이 생성되면, 보간된 부식속도 모델을 데이터베이스에 저장한다(505). 보간된 부식속도 모델이 데이터베이스에 저장되면, 시간이 흐를수록 점점 더 많은 양의 부식속도 모델에 대한 데이터를 누적할 수 있다. 누적된 부식속도 모델의 양의 증가할수록, 보간된 부식속도 모델의 신뢰도 또한 높아질 수 있다.

[0053] 그리고 보간된 부식속도 모델이 생성되면, 보간된 부식속도 모델에 기초하여 부식 잔여수명을 예측한다(506). 보간된 부식속도 모델을 통해 해당 선박의 부식진행 정도를 예측할 수 있다. 따라서, 이를 통해 부식 잔여수명을 예측할 수 있다. 보간된 부식속도 모델에 기초하여 대상 선박의 해당 부재에 대한 부식 잔여수명을 예측함으로써, 해당 부재 또는 선박 전체에 대한 보수 시기를 예상할 수 있어, 보다 효과적인 선박의 관리가 가능하다. 예를 들어, 선박의 부식 정도에 대한 검사를 직접 실시하여, 선박의 보수/유지 여부를 결정하는 데는 많은 시간과 자원을 필요로 한다. 반면에, 보간된 부식속도 모델을 통해 선박의 부식 정도를 추정하여 부식 잔여수명을 예측한다면, 선박을 직접 검사하는 횟수를 줄이면서도, 선박을 효과적으로 관리할 수 있다. 특히, 본 발명에 따른 부식속도 관리 장치는 초음파 두께 측정장치를 통해 측정된 두께 계측 데이터로부터 생성된 제1 부식속도 모델을 제2 부식속도 모델을 통해 보간하는 과정을 거치기 때문에, 보간된 부식속도 모델은 제1 부식속도 모델보다 더 높은 신뢰도를 가진다. 따라서, 보간된 부식속도 모델을 사용함으로써 더욱 정확하게 해당 부재에 대한 부식 잔여수명을 예측할 수 있다.

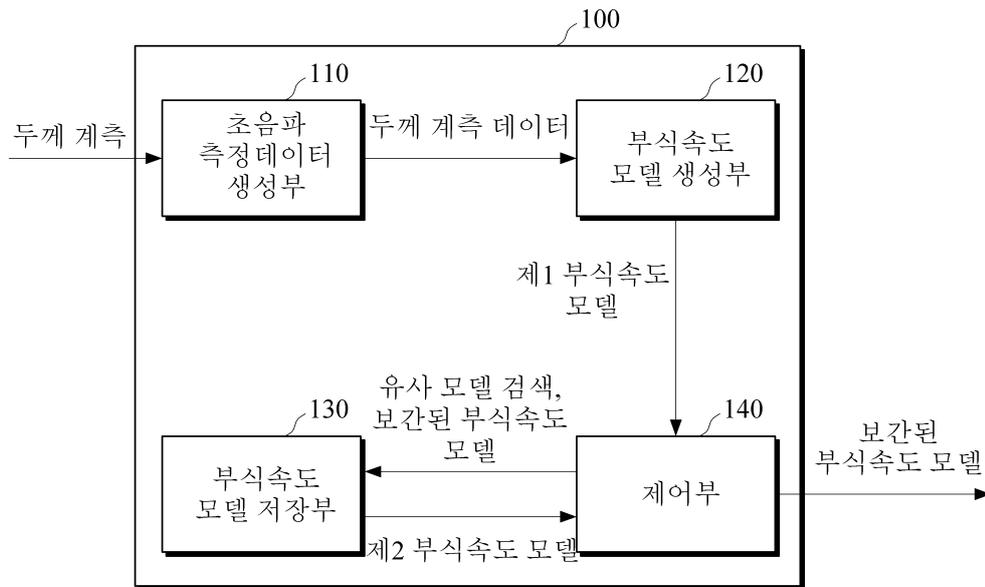
[0054] 이상 바람직한 실시예를 들어 본 발명을 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 전술한 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 당분야에서 통상의 지식을 가진자에 의하여 여러 가지 변형이 가능하다.

**부호의 설명**

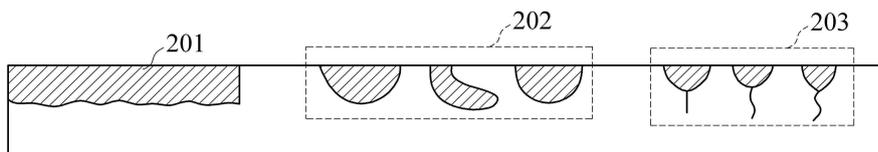
- [0055] 100: 선박 부식 관리 장치
- 110: 초음파 측정데이터 생성부
- 120: 부식속도 모델 생성부
- 130: 부식속도 모델 저장부
- 140: 제어부
- 201: 전면부식
- 202: 국부부식
- 203: 국부부식에서 발생한 균열 형상
- 401: 제1 부식속도 모델
- 402: 제2 부식속도 모델
- 403: 보간된 부식속도 모델

도면

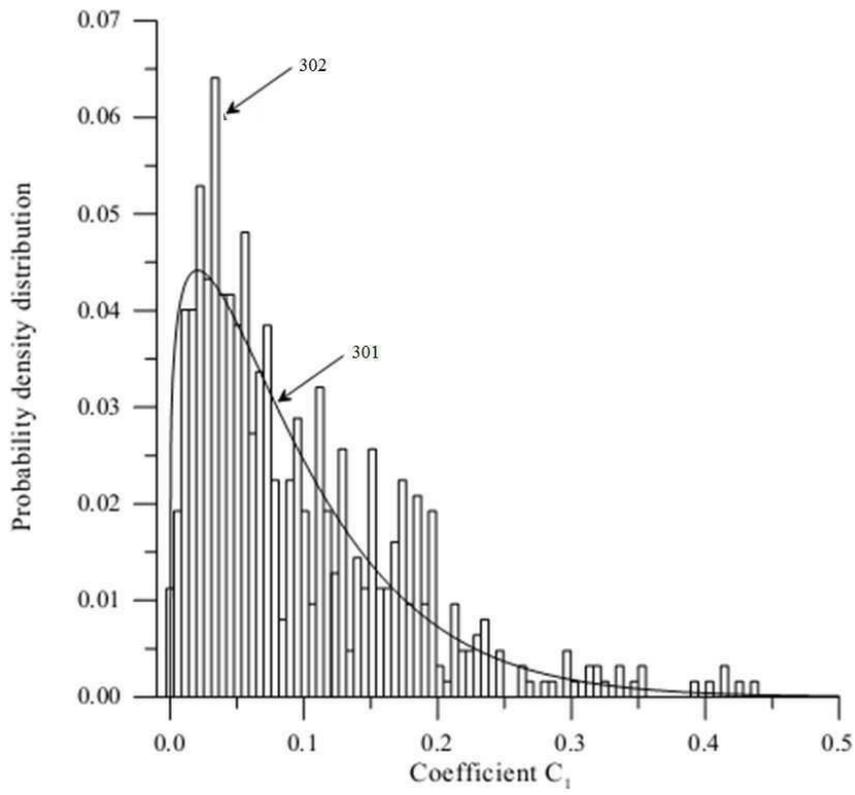
도면1



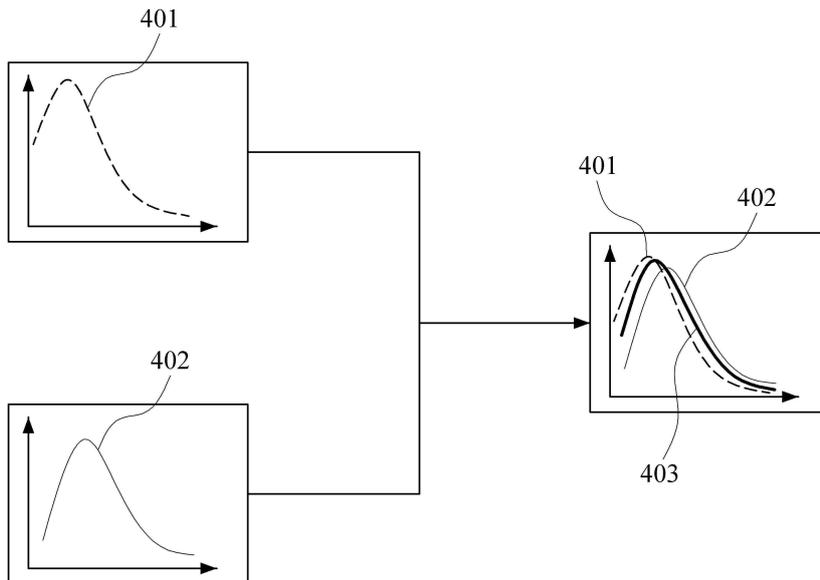
도면2



도면3



도면4



도면5

