(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0060247
(43) 공개일자 2019년06월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 23/203 (2018.01) *G01N 23/20* (2018.01)
(52) CPC특허분류
G01N 23/203 (2013.01)
G01N 23/20058 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0158268
(22) 출원일자 2017년11월24일
심사청구일자 2017년11월24일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
강전연
경상남도 창원시 성산구 가음정동 13-3
(74) 대리인
특허법인(유한) 대아

전체 청구항 수 : 총 8 항

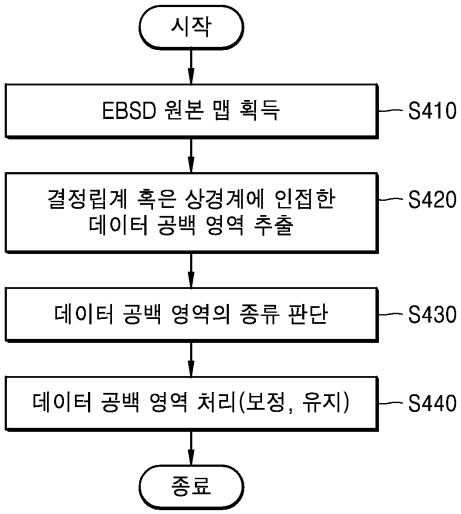
(54) 발명의 명칭 **EBSD 맵의 선별적 보정 방법 및 이를 실행하기 위한 프로그램이 저장된 기록매체**

(57) 요 약

EBSD 선별적 보정 방법 및 이를 구현하기 위한 프로그램이 저장된 기록매체에 대하여 개시한다.

본 발명에 따른 EBSD 선별적 보정 방법은 (a) EBSD를 이용하여 대상 시편 미세조직의 구성상과 결정방위를 포함하는 원본 맵을 획득하는 단계; (b) 결정방위와 구성상의 정보가 없는 데이터 공백 영역에 대하여, 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역을 추출하는 단계; (c) 추출된 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역의 종류를 판단하는 단계; 및 (d) 판단된 종류에 따라서 상기 데이터 공백 영역을 처리하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
G01N 2223/053 (2013.01)
G01N 2223/056 (2013.01)
G01N 2223/303 (2013.01)
G01N 2223/306 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 PNK5350
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 국가과학기술연구회
연구사업명 주요사업
연구과제명 프레스금형 핵심 부품의 액상성형을 위한 고성능 주강(cast steel) 개발(2/2)
기 여 율 1/1
주관기관 국가과학기술연구회
연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) EBSD(Electron BackScatter Diffraction)를 이용하여 대상 시편 미세조직의 구성상과 결정방위를 포함하는 원본 맵을 획득하는 단계;

(b) 상기 원본 맵 상에서 결정방위와 구성상의 정보가 없는 데이터 공백 영역에 대하여, 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역을 추출하는 단계;

(c) 추출된 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역의 종류를 판단하는 단계; 및

(d) 판단된 종류에 따라서 상기 데이터 공백 영역을 처리하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 EBSD 맵 선별적 보정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계는

(b1) 상기 원본 맵의 결정방위와 구성상의 분포를 바탕으로, 결정립을 인식하고 결정립 별로 결정립 ID를 부여하는 단계와,

(b2) 상기 데이터 공백 영역에 인접한 적어도 2개의 결정립 ID들을 비교하여, 결정립 ID들이 동일한지 여부를 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 EBSD 맵 선별적 보정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 (b2) 단계에서,

상기 데이터 공백 영역에 인접한 결정립 ID들이 동일한 것으로 판정된 경우 해당 데이터 공백 영역은 유지되고,

상기 데이터 공백 영역에 인접한 결정립 ID들이 상이한 것으로 판정된 경우 해당 공백 영역은 결정립계 혹은 상경계에 인접한 것으로 취급되는 것을 특징으로 하는 EBSD 맵 선별적 보정 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계에서,

상기 데이터 공백 영역은 상기 데이터 공백 영역의 EBSP(Electron BackScatter Diffraction Pattern) 선명도와 미리 정해진 기준값의 비교에 따라 2개의 종류로 분류되는 것을 특징으로 하는 EBSD 맵 선별적 보정 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 (c) 단계에서, 상기 EBSP 선명도가 미리 정해진 기준값보다 큰 경우, 상기 (d) 단계에서 상기 데이터 공백

영역을 보정하고,

상기 (c) 단계에서, 상기 EBSP 선명도가 미리 정해진 기준값보다 같거나 작은 경우, 상기 (d) 단계에서 상기 데이터 공백 영역은 유지되는 것을 특징으로 하는 EBSD 맵 선별적 보정 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 데이터 공백 영역의 보정은, 상기 데이터 공백 영역의 EBSP 선명도에 가장 가까운 EBSP 선명도를 갖는 결정립 ID의 결정상과 결정방위 정보를 상기 데이터 공백 영역에 복사하여 부여하는 방식으로 수행되는 것을 특징으로 하는 EBSD 맵 선별적 보정 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계 내지 (d) 단계를 반복하는 것을 특징으로 하는 EBSD 맵 선별적 보정 방법.

청구항 8

EBSD를 이용하여 대상 시편 미세조직의 구성상과 결정방위를 포함하는 원본 맵을 획득하고, 원본 맵 상에서 결정방위와 구성상의 정보가 없는 데이터 공백 영역에 대하여, 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역을 추출하고, 추출된 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역의 종류를 판단하고, 판단된 종류에 따라서 상기 데이터 공백 영역을 처리하는 것을 실행하기 위한 프로그램이 저장된 기록매체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전자후방산란회절 맵(EBSD map) 상에 분포하는 인덱싱(indexing) 오류에 의한 데이터 공백(data void) 영역을 선별적으로 보정하는 방법에 관한 것이다.

[0002] 또한, 본 발명은 상기의 EBSD 맵의 선별적 보정을 실행하기 위한 프로그램이 저장된 기록매체에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] 전자후방산란회절(Electron BackScatter Diffraction; EBSD)은 결정질(crystalline) 소재의 표면에 전자빔을 조사했을 때 발생하는 회절패턴을 이용하여 조사 영역에서의 결정 구조와 결정격자(crystal lattice)의 방위(orientation) 정보를 구할 수 있는 기술이다. 이의 구현을 위해 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM)에 전자후방산란회절 패턴(Electron BackScatter Diffraction Pattern, EBSP)을 기록하기 위한 카메라와 기록된 EBSP의 분석과 전자빔(electron beam)의 제어를 위한 장치와 컴퓨터 및 소프트웨어(software)를 설치하게 된다. 컴퓨터에 설치된 소프트웨어를 통해 전자빔의 위치를 자동 혹은 수동으로 제어하며, 전자빔이 머무는 시편 영역에서 발생하는 EBSP를 카메라를 통해 기록하고, 해당 EBSP를 자동으로 분석하여 해당 시편 영역의 결정학적 정보들을 산출한다.

[0005] EBSD는 SEM으로 관찰 가능한 국부 영역에서 관찰자가 원하는 지점에 전자빔을 수동으로 위치시켜서 해당 조사(irradiated) 영역에서의 결정구조 및 방위 등의 정보를 얻어내는 형태로 사용할 수 있다. 그러나 이보다는 일정 영역 내에서 전자빔을 자동화된 제어에 의하여 사용자가 지정한 측정 범위(map size) 내에서 지정한 간격(step size)으로 순차적으로 가로 세로로 이동시킴으로써 얻어진 결정학적 정보를 시각적으로 재구성하는 맵핑(mapping)의 형태로 많이 이용한다. 이때, EBSD 맵핑을 통한 정보(맵, map)를 구성하는 최소 단위인 픽셀(pixel)은 시험편 상에서 EBSP가 얻어지는 하나의 측정점에 대응하며, 각 픽셀은 해당 측정점에서의 결정구조와

결정방위 등의 정보를 담고 있으며, 해당 결정학적 정보는 다양한 형태의 색상 정보로 표현될 수 있다(예를 들어 BCC는 녹색, FCC는 청색 등).

[0006] EBSP는 결정 내부의 결정면(crystallographic plane)에 대응하는 다수의 밝은 띠(band)로서 구성된다. 각 측정점 혹은 픽셀에 대응하는 EBSP의 해석은 우선 이들 띠를 인식하고, 이들 상호간의 교차각(intersection angle)으로부터 결정의 대칭(symmetry), 즉 결정구조(crystal structure)를 알아내고, 각 띠에 해당하는 결정면의 지수(index)를 부여하는 과정으로, 이를 일반적으로 인덱싱(indexing)으로 지칭한다. 인덱싱된(indexed) EBSP는 각 띠의 배치(위치 및 기울기)로부터 그 결정방위를 계산할 수 있으며, 일정한 간격으로 나열된 연속된 측정점에 대한 상기의 해석을 거친 후 비로서 맵을 구성할 수 있게 된다.

[0007] 그러나 현존하는 EBSD 측정 및 해석 시스템에서는 상기의 인덱싱 과정에서 다양한 이유로 오류를 범하거나 해당 작업을 정상적으로 수행하지 못하는 경우가 발생한다. 인덱싱 작업의 실패는 맵 상에 결정상(crystallographic phase) 및 결정방위 등의 결정학적 정보가 없는 데이터 공백(data void) 영역을 남기게 된다.

[0009] 도 1은 마르텐사이트 상을 포함하는 철강 소재에 대한 EBSD 맵을 예시한 도면이다. 도 1에는 각 측정점에서 발생하는 EBSP의 선명도를 정량적으로 평가한 지표인 BC(band contrast)로 구성한 맵과 시편 표면에 수직한 방향으로의 결정 방향을 다양한 색상으로 나타낸 ND(normal direction) 맵을 나타내었다. BC는 성공적인 인덱싱의 여부와 상관없이 측정되는 수치이다(BC는 경우에 따라서 IQ: image quality, PQ: pattern quality 등의 용어로 활용되기도 한다). 그러나, 결정 방위의 한 단면을 나타내는 ND 맵에서는 인덱싱이 실패한 데이터 공백 영역은 정보의 부재로 인해 배경색인 흰색으로 나타내었다.

[0010] 도 1을 참조하면, 데이터 공백 영역의 발생 원인을 크게 두 가지 측면에서 고찰할 수 있다.

[0011] 도 1에 나타나는 데이터 공백 영역의 두 가지 유형 중 1번째는 측정점이 미세조직 상의 다양한 계면(boundary)에 인접함으로써 계면을 둘러싼 서로 다른 결정립(grain) 혹은 구성상(phase)으로부터 발생하는 상이한 두 개 이상의 EBSP가 겹쳐지는(overlap) 문제에 의한 것이다.

[0012] 도 1에 나타나는 데이터 공백 영역의 두 가지 유형 중 2번째는 철강 소재 중의 마르텐사이트와 같이 자체적으로 높은 결함 밀도를 가짐으로 인해 낮은 결정성(crystallinity)을 가지고, 따라서 EBSP 중 노이즈(noise) 증가 등에 의해 그 선명도(clarity)가 저하되어 EBSP 해석 불가로 인한 문제에 의한 것이다.

[0013] 이외에도 적절하지 못한 시료 준비에 의한 시료 표면의 산화나 오염, 기계적 손상, 시료에 입사하는 전자빔의 적절하지 못한 제어, EBSP 인덱싱을 위한 영상처리(image processing) 및 결정학적 사전 정보 입력의 부적절함과 같은 다양한 외적(extrinsic) 요인이 있으나, 예방이 가능한 이들과는 달리 상기의 두 요인은 측정 대상 소재의 내적(intrinsic), 물리적 요인에 의한 것으로서 어느 정도는 불가피한 측면이 있으며, 따라서 측정후의 후처리를 통해 데이터 공백 영역에 결정학적 정보를 인위적으로 부여하는 경우가 대다수이다.

[0015] EBSD 맵은 미세조직에 기반한 다양한 소재 거동의 모델링(modeling)을 위한 최적의 입력 자료로서 활용되고 있으며, 이를 위해 보통은 위에서 설명한 맵 상의 데이터 공백 영역에 인위적인 보정 작업을 행해준다.

[0016] 현존하는 상용 EBSD 시스템에 제공되는 데이터 후처리 소프트웨어에서는 데이터 공백 영역을 구성하는 픽셀에 일괄적으로 인접한 픽셀의 결정학적 정보를 복사하여 제공하는 (copy & paste) 단순한 방식으로 이러한 작업을 행한다.

[0017] 도 2에 앞서 도 1에서 제공한 철강 시료에 대한 EBSD 맵의 측정예를 다시 제시한다. 도 2는 페라이트(bcc steel)-오스테나이트(fcc steel)-마르텐사이트(martensite) 복합조직강의 EBSD 맵(BC, ND 맵 및 상분포도)을 예시한 도면이다.

[0018] 도 2에서, BC를 통해 미세조직의 형상적 정보를 얻을 수 있고, ND 맵을 통해 변화하는 결정 방위의 분포를 확인할 수 있다. 또한 인덱싱된 EBSP로부터 얻게되는 결정 구조의 정보로써 서로 다른 구성상의 분포를 상분포도(phase map)에 나타낼 수 있다. 도 2의 상분포도와 ND 맵에서 색상 정보가 비어있는 흰색의 픽셀들이 바로 결정학적 정보가 비어있는 데이터 공백 영역에 해당한다.

[0020] 도 2에서, 철강 시료는 체심입방(body centered cube; bcc) 구조의 페라이트(ferrite, bcc steel)와 면심입방(face centered cube; fcc) 구조의 잔류 오스테나이트(retained austenite, fcc steel), 그리고 bcc 구조에 근접한 구조를 가지지만 페라이트에 비해 상대적으로 저온에서의 무확산(diffusionless) 변태에 의해 생성된 마르텐사이트가 공존한다. 해당 소재에 대한 상분포도에서 각각의 상에 서로 다른 색상을 할당함으로써 결정상의 분포를 알 수 있으나, 도 2에서 화살표로 표시한 마르텐사이트 영역의 경우 높은 결함 밀도에 기인하여 상당 수 픽셀이 데이터 공백 영역으로 남게 된다.

[0021] 현존하는 상용 EBSD 시스템의 후처리 소프트웨어에서 제공하는 자동화된 데이터 보정 기능을 활용할 경우, 일반적으로 도 3에서 보여지는 결과를 얻게 된다. (BC는 일반적으로 데이터 보정 과정에서 변화하지 않는다)

[0022] 도 3은 상용 데이터 후처리 소프트웨어에서의 도 2에 나타낸 원본 맵의 보정 결과를 나타낸 것이다. 도 3을 참조하면, 전술한 바와 같이 데이터 공백 영역을 구성하는 픽셀(마르텐사이트 영역을 구성하는 픽셀)에 일괄적으로 인접한 픽셀(페라이트 영역를 구성하는 픽셀)의 결정학적 정보를 복사하여 제공한 것을 볼 수 있다.

[0023] 이 경우 모든 데이터 공백 영역이 빈틈 없이 채워지는 결과를 얻을 수 있으나, 마르텐사이트에 의해 불가피하게 발생하는 공백 영역까지 맹목적으로 주변의 페라이트 결정립에 속하는 정보로 채워주는 문제점이 발생한다.

[0024] 철강 소재 중의 마르텐사이트 영역으로 대표되는 이와 같은 경우에서는, 비록 결정 방위의 정보가 없더라도 페라이트 영역과의 구분을 위해 해당 마르텐사이트 영역을 공백 영역으로 남겨두는 것이 보다 물리적인 의미를 가지며, 야금학(metallurgy), 조직학(metallography)적 측면에서 타당할 것이다.

[0025] 따라서, EBSD 맵 중의 계면 영역에 대해서만 선택적으로 데이터를 보정해주는 자동화된 방법이 고안될 경우, 미세조직의 분석과 다양한 미세조직 이미지 기반(microstructure-image-based)의 해석을 위한 데이터 전처리 기술로서 매우 유용하게 활용될 수 있다.

[0026] 또한 근래의 초고장력강판(advanced high-strength steel sheet)과 같이 마르텐사이트, 베이나이트와 같은 저온변태조직(low-temperature-transformation product)을 적극 활용하는 철강 소재의 미세조직 자동 판독법의 개발에 있어서 핵심적인 요소 기술로도 활용될 수 있다.

[0028] 특허문헌 1에는 2개 이상의 결정상으로 구성된 복합조직 소재에서 전자후방산란회절 맵핑 결과 상의 상인식 오류를 필터링할 수 있는 방법이 제시되어 있다.

[0029] 상기 문헌에 의하면, 이상 스테인리스강(duplex stainless steel)과 같이 결정 격자가 유사한 2개 이상의 결정상을 포함하는 경우에, 결정상을 나타내는 Phase map과 결정방위를 나타내는 ND 맵을 상호 비교하여, Phase map에 나타나는 서로 상이한 결정상이 노이즈인지 여부를 확인할 수 있다. 그러나, 특허문헌 1에 의하여도 EBSD 맵 중의 마르텐사이트 상과 같은 별도 상을 제외한 계면 영역에 대해서만 선택적으로 데이터를 보정해주기는 어렵다.

선행기술문헌

특허문헌

[0031] (특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 등록특허공보 제10-1397599호(2014.05.30. 공고)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0032] 본 발명은 상기와 같은 기술적 문제점을 해결하기 위한 것으로, EBSD 맵에서 결정립계(grain boundary), 상계면(phase boundary) 등과 같은 계면 부근에 발생하는 데이터 공백 영역에 대해서만 선별적으로 보정해주기 위한 방법을 제공하는 것이다.

[0033] 또한, 본 발명은 EBSD 맵의 선별적 보정을 실행하기 위한 프로그램이 저장된 기록매체에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0035] 상기 목적을 해결하기 위한 본 발명에 따른 EBSD 맵 선별적 보정 방법은 (a) EBSD를 이용하여 대상 시편 미세조직의 구성상과 결정방위를 포함하는 원본 맵을 획득하는 단계; (b) 결정방위와 구성상의 정보가 없는 데이터 공백 영역에 대하여, 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역을 추출하는 단계; (c) 추출된 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역의 종류를 판단하는 단계; 및 (d) 판단된 종류에 따라서 상기 데이터 공백 영역을 처리하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0036] 이때, 상기 (b) 단계는 (b1) 상기 원본 맵의 결정방위와 구성상의 분포를 바탕으로, 결정립을 인식하고 결정립별로 결정립 ID를 부여하는 단계와, (b2) 상기 데이터 공백 영역에 인접한 적어도 2개의 결정립 ID들을 비교하여, 결정립 ID들이 동일한지 여부를 판단하는 단계를 포함할 수 있다.

[0037] 또한, 상기 (b2) 단계에서, 상기 데이터 공백 영역에 인접한 결정립 ID들이 동일한 것으로 판정된 경우 해당 데이터 공백 영역은 유지되고, 상기 데이터 공백 영역에 인접한 결정립 ID들이 상이한 것으로 판정된 경우 해당 공백 영역은 결정립계 혹은 상경계에 인접한 것으로 취급될 수 있다.

[0038] 또한, 상기 (c) 단계에서, 상기 데이터 공백 영역은 상기 데이터 공백 영역의 EBSP 선명도와 미리 정해진 기준값의 비교에 따라 2개의 종류로 분류될 수 있다.

[0039] 또한, 상기 (c) 단계에서, 상기 EBSP 선명도가 미리 정해진 기준값보다 큰 경우, 상기 (d) 단계에서 상기 데이터 공백 영역을 보정하고, 상기 (c) 단계에서, 상기 EBSP 선명도가 미리 정해진 기준값보다 같거나 작은 경우, 상기 (d) 단계에서 상기 데이터 공백 영역은 유지될 수 있다.

[0040] 또한, 상기 데이터 공백 영역의 보정은, 상기 데이터 공백 영역의 EBSP 선명도에 가장 가까운 EBSP 선명도를 갖는 결정립 ID의 결정상과 결정방위 정보를 상기 데이터 공백 영역에 복사하여 부여하는 방식으로 수행될 수 있다.

[0041] 또한, 더 이상의 보정이 이루어지지 않을 때까지 상기 (b) 단계 내지 (d) 단계를 반복할 수 있다.

[0043] 상기 목적을 해결하기 위한 본 발명에 따른 기록매체는 EBSD를 이용하여 대상 시편 미세조직의 구성상과 결정방위를 포함하는 원본 맵을 획득하고, 원본 맵 상에서 결정방위와 구성상의 정보가 없는 데이터 공백 영역에 대하여, 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역을 추출하고, 추출된 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역의 종류를 판단하고, 판단된 종류에 따라서 상기 데이터 공백 영역을 처리하는 것을 실행하는 프로그램이 저장되어 있다.

발명의 효과

[0045] 본 발명에 따르면, EBSD 분석에서 종종 발생하는 결정학적 정보의 공백 영역에 대해 기존의 맹목적인 보정 방식에서 벗어나, 결정립계 및 상계면에 대해서만 선별적인 보정을 해줌으로써 철강의 저온변태조직 및 기타 요인에 의한 공백 영역을 보존할 수 있으며, 이를 이후의 미세조직 분석 과정에서 다양한 방식으로 재처리 및 활용할 수 있는 선택의 여지를 부여할 수 있게 된다.

[0046] 이는 특히 초고장력강판과 같은 복합조직강의 상분석 및 미세조직 감별의 자동화를 위한 EBSD 데이터 전처리 과정에서 매우 유용하게 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0048] 도 1은 마르텐사이트 상을 포함하는 철강 소재에 대한 EBSD 맵을 예시한 도면이다.

도 2는 페라이트(bcc steel)-오스테나이트(fcc steel)-마르텐사이트(martensite) 복합조직강의 EBSD 맵(BC, ND

맵 및 상분포도)을 예시한 도면이다.

도 3은 상용 데이터 후처리 소프트웨어에서의 도 2에 나타낸 원본 맵의 보정 결과를 나타낸 것이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 EBSD 맵 선별적 보정 방법을 개략적으로 나타낸 순서도이다.

도 5는 도 4의 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역을 추출하는 단계를 세부적으로 나타낸 것이다.

도 6의 (a)는 결정립 별로 ID가 부여되어 있고, 데이터 공백 영역이 표시된 예를 픽셀 단위로 나타낸 것이고, (b)는 선별적 보정이 완료된 예를 픽셀 단위로 나타낸 것이다.

도 7은 본 발명에 따른 방법으로 도 2에 나타낸 원본 맵의 선별적 보정 결과를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0049] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다.

[0050] 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0052] 본 발명은 상기와 같은 기술적 문제점을 해결하기 위한 것으로, EBSD 맵에서 결정립계(grain boundary), 상계면(phase boundary) 등과 같은 계면 부근에 발생하는 데이터의 공백 영역에 대해서만 선별적으로 보정해주기 위한 방법을 제공한다. 이는 특히 마르텐사이트, 베이나이트 등과 같은 저온변태조직을 포함하는 복합조직형 철강 소재의 EBSD를 활용한 미세조직 분석에 유용하게 활용될 수 있다.

[0054] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 EBSD 맵 선별적 보정 방법을 개략적으로 나타낸 순서도이다.

[0055] 도 4를 참조하면, 본 발명에 따른 EBSD 맵 선별적 보정 방법은 EBSD 원본 맵 획득 단계(S410), 결정립계 혹은 상경계에 인접한 데이터 공백 영역 추출 단계(S420), 데이터 공백 영역의 종류 판단 단계(S430) 및 데이터 공백 영역 처리 단계(S440)를 포함한다.

[0057] EBSD 원본 맵 획득

[0058] 우선, EBSD 원본 맵 획득 단계(S410)에서는 EBSD를 이용하여 대상 시편 미세조직의 구성상과 결정방위를 포함하는 원본 맵을 획득한다.

[0060] 결정립계 혹은 상경계에 인접한 데이터 공백 영역 추출

[0061] 다음으로, 결정립계 혹은 상경계에 인접한 데이터 공백 영역 추출 단계(S420)에서는, 결정방위와 구성상의 정보가 없는 데이터 공백 영역에 대하여, 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역을 추출한다.

[0062] 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역을 추출하기 위해서는 데이터 공백 영역의 주변의 적어도 2개의 결정립들이 동일한 결정립들인지 아니면 상이한 결정립들인지를 판단할 필요가 있다.

[0063] 이를 위해, 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역 추출 단계는 도 5에 도시된 예와 같이, 결정립 ID 부여 단계(S421) 및 공백 영역에 인접한 결정립 ID들의 비교 단계(S422)를 포함할 수 있다.

[0064] 결정립 ID 부여 단계(S421)에서는 EBSD 원본 맵의 결정방위와 구성상의 분포를 바탕으로, 결정립을 인식하고 결정립 별로 결정립 ID를 부여한다. 즉, 결정립 ID 부여 단계(S421)에서는 EBSD 맵의 원본 데이터 중 인덱싱 된 영역에 대해서 결정립을 인식하고 각 결정립에 고유 번호, 고유 부호 등의 ID(identification)를 부여하는 작업을 수행한다. 결정립 혹은 구조단위(structure unit)의 인식과 고유번호 부여에 대해서는 예를 들어 특허문헌 1

과 같은 기존의 공지된 다양한 기술을 따를 수 있다.

[0065] 도 6의 (a)는 결정립 별로 ID가 부여되어 있고, 데이터 공백 영역이 표시된 예를 픽셀 단위로 나타낸 것이다.

[0066] 도 6의 (a)를 참조하면, 도시된 도면에는 Grain ID: 1 및 Grain ID: 2로서, 결정립 별로 ID가 부여되어 있다. 예를 들면, Grain ID: 1은 BCC 결정립이 될 수 있고, Grain ID: 2는 FCC 결정립이 될 수 있다. 이들 결정립 ID 마다 EBSP 선명도가 상이하다. EBSP 선명도는 EBSP의 선명도를 정량적으로 평가한 지표인 BC(band contrast)를 활용할 수 있다.

[0067] 또한, 도 6의 (a)에서 (1), (2), (3)으로 표시된 부분은 데이터 공백 영역에 해당한다. 이들 데이터 공백 영역 (1), (2), (3)은 결정방위와 구성상의 정보가 없는 영역들에 해당하며, 이들 역시 영역마다 EBSP 선명도가 상이할 수 있다.

[0068] 그리고, 공백 영역에 인접한 결정립 ID들의 비교 단계(S422)에서는 맵 상에 분포하는 데이터 공백 영역에 인접한 적어도 2개의 결정립 ID들을 다양한 방향으로 개별 픽셀들을 가로지르는 방법으로 비교하여, 결정립 ID들이 동일한지 여부를 판단한다. 여기서 데이터 공백 영역에 인접한 결정립 ID들은 데이터 공백 영역을 중심으로 미리 정해진 거리 내에 있는 결정립 ID들일 수 있다. 이때 데이터 공백 영역을 중심으로 미리 정해진 거리는 해당 데이터 공백 영역을 바로 둘러싸는 4개, 8개의 픽셀까지의 거리가 될 수도 있으나, 이에 제한되지 않고 소재의 특성, EBSD 측정 조건 등에 따라 다르게 정해질 수도 있다.

[0069] 한편, 공백 영역에 인접한 결정립 ID들의 비교 단계(S422)에서, 데이터 공백 영역에 인접한 결정립 ID들이 동일한 것으로 판정된 경우 해당 데이터 공백 영역은 계속 유지될 수 있다. 반면, 데이터 공백 영역에 인접한 결정립 ID들이 상이한 것으로 판정된 경우, 해당 데이터 공백 영역은 결정립계 혹은 상경계에 인접한 것으로 취급될 수 있다. 예를 들어, 데이터 공백 영역 (1)을 구성하는 픽셀을 위에서 아래 방향으로 가로지를 때 결정립의 ID가 1에서 2로 바뀌게 된다. 따라서 (1) 영역이 결정립 1과 2의 계면에 위치함을 알 수 있다. 이는 데이터 공백 영역 (2) 역시 마찬가지이다. 해당 픽셀을 중심으로 ID가 변화한 것은 해당 픽셀이 서로 다른 결정립의 사이에 위치하고 있음을 의미하며, 즉 결정립계 혹은 상경계에 인접하고 있음을 나타낸다.

[0070] 예를 들어, 도 6의 (a)에서 데이터 공백 영역 (1) 또는 (2)의 경우, 인접한 결정립 ID들이 상이한 것으로 판정된다. 이에 의해 데이터 공백 영역 (1) 및 (2)는 결정립계 혹은 상경계에 인접한 데이터 공백 영역으로 취급된다. 반면, 데이터 공백 영역 (3)의 경우, 인접한 결정립 ID들이 모두 Grain ID: 2로서 모두 동일하다. 이 경우, 데이터 공백 영역 (3)은 결정립계 혹은 상경계에 인접한 데이터 공백 영역이 아닌 것으로 취급되어, 데이터 공백 영역 (3)은 데이터 공백 영역으로 계속 유지될 수 있다.

[0072] 데이터 공백 영역의 종류 판단

[0073] 다음으로, 데이터 공백 영역의 종류 판단 단계(S430)에서는 추출된 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역의 종류를 판단한다. 보다 구체적으로, 본 단계에서, 데이터 공백 영역은 데이터 공백 영역의 EBSP 선명도와 미리 정해진 기준값의 비교에 따라 2개의 종류로 분류될 수 있다.

[0074] 예를 들어, 도 6의 (a)에서, 데이터 공백 영역 (1)의 EBSP 선명도가 7이고, 데이터 공백 영역 (2)의 EBSP 선명도가 3이고, 기준값이 5라면, 데이터 공백 영역 (1)의 EBSP 선명도는 기준값보다 크고, 데이터 공백 영역 (2)의 EBSP 선명도는 기준값보다 작다. 이에 따라, 데이터 공백 영역 (1)과 데이터 공백 영역 (2)는 공히 결정립계 또는 상경계에 접하는 데이터 공백 영역이지만, 서로 다른 종류의 데이터 공백 영역으로 분류될 수 있다.

[0076] 데이터 공백 영역 처리

[0077] 다음으로, 데이터 공백 영역 처리 단계(S440)에서는 판단된 종류에 따라서 상기 데이터 공백 영역을 처리한다. 이때, 처리는 데이터 공백 영역의 보정 또는 데이터 공백 영역의 유지가 될 수 있다.

[0078] 보다 구체적으로, EBSP 선명도가 미리 정해진 기준값보다 큰 경우, 해당 데이터 공백 영역을 보정하고, 반대로 EBSP 선명도가 미리 정해진 기준값보다 같거나 작은 경우, 해당 데이터 공백 영역은 유지될 수 있다.

[0079] 예를 들어, 마르텐사이트와 같은 영역이 계면에 위치할 수도 있으며, 이 경우의 판독을 위해 EBSP의 선명도, 즉 BC를 활용한다. 일반적으로 공백 영역을 초래하는 마르텐사이트 영역은 내부에 매우 높은 밀도의 격자 결함을

포함하고 있으며, 결함 주변의 응력이나 급격한 방위 차이(lattice curvature)에 기인하여 도 1의 좌상단에 나타낸 EBSP와 같이 선명도가 특징적으로 낮다. 반면 계면에서 EBSP의 겹침에 의한 공백 영역은 비록 인덱싱의 실패로 말미암아 결정학적 정보가 결여되어 있지만, 도 1의 하단에서 볼 수 있듯, EBSP의 선명도는 비교적 높게 유지된다.

[0080] 따라서 특정 BC 기준값 보다 BC가 높은 경우 순수하게 계면의 존재에 의한 공백 영역으로 판단하고, BC가 특정 기준값과 같거나 낮을 경우 계면 상에 존재하는 마르텐사이트와 같은 제 2상 및 기타 결함에 의한 것으로 판단할 수 있다. 후자의 경우는 해당 공백 영역을 그 물리적 의미를 고려하여 유지하는 반면, 전자에 대해서는 인위적으로 결정학적 정보를 부여하는 보정 작업을 행해줄 수 있다.

[0081] 상기의 BC 기준값은 분석 대상 소재와 EBSD의 측정 조건 등에 의존하여 변화할 수 있으며, 따라서 고정된 값을 가지지는 않는다. 보정이 결정된 공백 영역 내 픽셀의 보정 작업은 인접한 픽셀 중 결정학적 정보를 가지며, 즉 인덱싱 되었으며, BC 값이 가장 가까운 것을 찾은 후, 해당 픽셀의 결정학적 정보를 복사해 넣는 방식으로 행해주는 것이 가장 타당할 것이다.

[0082] 또한, 도 6의 (a)에 제시된 예를 들면, EBSP 선명도가 기준값보다 큰 데이터 공백 영역 (1)의 경우, EBSP의 겹침(overlap)에 의한 데이터 공백 영역으로 판정되어 다른 데이터로 보정이 될 수 있고, EBSP 선명도가 기준값보다 작은 데이터 공백 영역 (2)의 경우, 결정립계 또는 상경계에 접하는 제2상으로 판정되어, 데이터 공백 영역으로 계속 유지될 수 있다.

[0083] 또한, 데이터 공백 영역의 보정은, 상기 데이터 공백 영역의 EBSP 선명도에 가장 가까운 EBSP 선명도를 갖는 결정립 ID의 결정상과 결정방위 정보를 상기 데이터 공백 영역에 복사하여 부여하는 방식으로 수행될 수 있다. 예를 들어, 도 6의 (a)에서 Grain ID:1의 EBSP 선명도가 6이고, Grain ID:2의 EBSP 선명도가 10이었다면, 데이터 공백 영역 (1)의 EBSP 선명도가 7이므로, EBSP 선명도가 가까운 Grain ID:1의 결정상과 결정방위 정보가 데이터 공백 영역 (1)에 복사 및 부여될 수 있어, 도 6의 (b)와 같이 선별적으로 보정이 완료된 결과가 나올 수 있다.

[0084] 도 6의 (b)를 참조하면, 결정립계 혹은 상경계에 인접한 데이터 공백 영역이 아닌 것으로 취급된 데이터 공백 영역 (3) 및 결정립계 혹은 상경계에 인접하지만 제2상으로 판정된 데이터 공백 영역 (2)는 데이터 공백 영역으로 그대로 남아 있게 되고, 결정립계 혹은 상경계에 인접하지만 제2상으로 판정되지 않은 데이터 공백 영역(1)은 EBSP 선명도가 가까운 Grain ID:1의 결정상과 결정방위 정보로 부여된 것을 볼 수 있다.

[0085]

[0086] 이상에서 설명한 결정립계 혹은 상경계에 인접한 데이터 공백 영역 추출 단계(S420), 데이터 공백 영역의 종류 판단 단계(S430) 및 데이터 공백 영역 처리 단계(S440)가 모든 데이터 공백 영역의 픽셀에 대해서 수행되며, 더 이상의 보정이 이루어지지 않을 때까지 반복될 수 있다.

[0087]

[0088] 종래 기술과 같이, 데이터 공백 영역을 중심으로 결정립 ID의 변화 여부에 따른 결정립계 혹은 상경계에 인접한 데이터 공백 영역 추출 과정을 생략하고, 단순히 기준 BC에 의한 판단에 의해 데이터의 보정 여부를 결정할 경우 어느 정도는 유사한 효과를 얻을 수 있으나, 오직 미세조직 상에 존재하는 계면에 대해서만 선별적으로 보정을 행해주지는 못한다.

[0089] 그러나, 본 발명에서 설명된 바와 같이, 데이터 공백 영역의 선별 및 보정 방법을 활용해 도 1 및 2에 제시된 원본 EBSD 맵을 재처리한 결과를 도 7에서 확인할 수 있다. 도 7을 참조하면, 결정립계 및 상계면 주변의 공백 영역에 대한 선별적 보정이 성공적으로 이루어짐으로써, 도 3에 나타낸 기존 방식에서 마르텐사이트 영역이 인접한 페라이트 영역으로 분리·병합되는 문제가 성공적으로 해결되는 것을 확인할 수 있다.

[0091] 도 7은 본 발명에 따른 방법으로 도 2에 나타낸 원본 맵의 선별적 보정 결과를 나타낸 것이다.

[0092] 도 7을 참조하면, 도 3과는 달리, 결정립계 및 상계면 주변에 대해서만 보정이 이루어졌으며, 마르텐사이트 영역은 공백 영역(백색)으로 그대로 남아 있는 것을 볼 수 있다.

[0094] 이러한 본 발명에 따른 EBSD 맵 선별적 보정 방법은 이를 실행하기 위한 프로그램이 저장된 기록 매체에 구현될

수 있다.

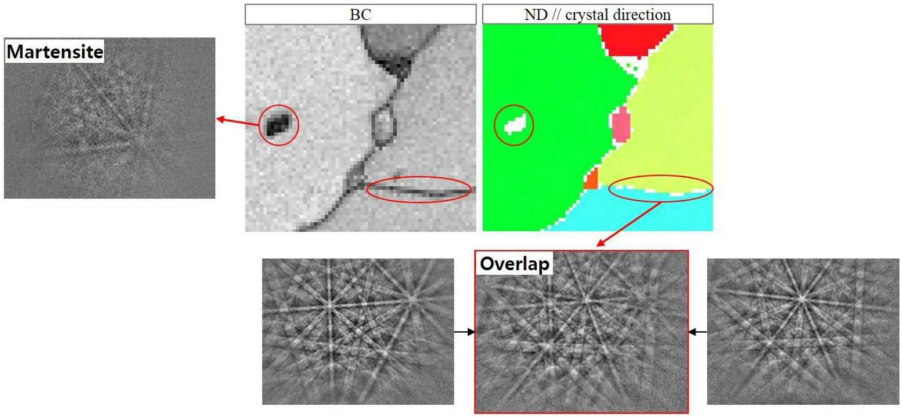
[0095] 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 임의의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, 데이터 저장 장치, 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 등을 제시할 수 있다.

[0096] 본 발명에 따른 기록 매체에는 도 4에 도시된 EBSD 원본 맵 획득 단계(S410), 결정립계 혹은 상경계에 인접한 데이터 공백 영역 추출 단계(S420), 데이터 공백 영역의 종류 판단 단계(S430) 및 데이터 공백 영역 처리 단계(S440)를 실행하기 위한 컴퓨터로 읽을 수 있는 프로그램이 저장되어 있다.

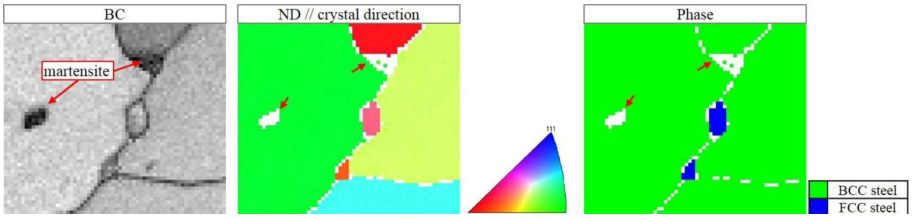
[0098] 이상에서는 본 발명의 실시예들을 중심으로 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 기술자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 이러한 변경과 변형은 본 발명이 제공하는 기술 사상의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명에 속한다고 할 수 있다. 따라서 본 발명의 권리범위는 이하에 기재되는 청구범위에 의해 판단되어야 할 것이다.

도면

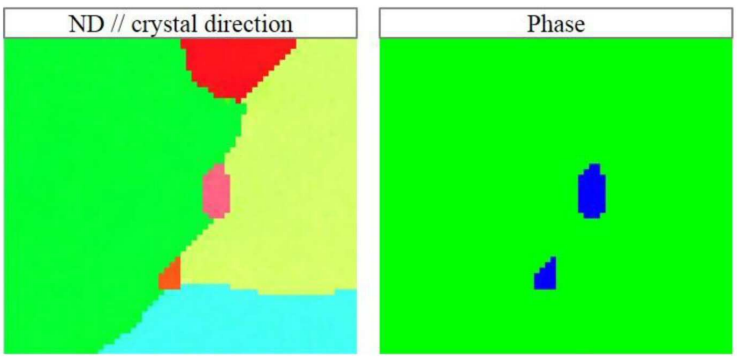
도면1



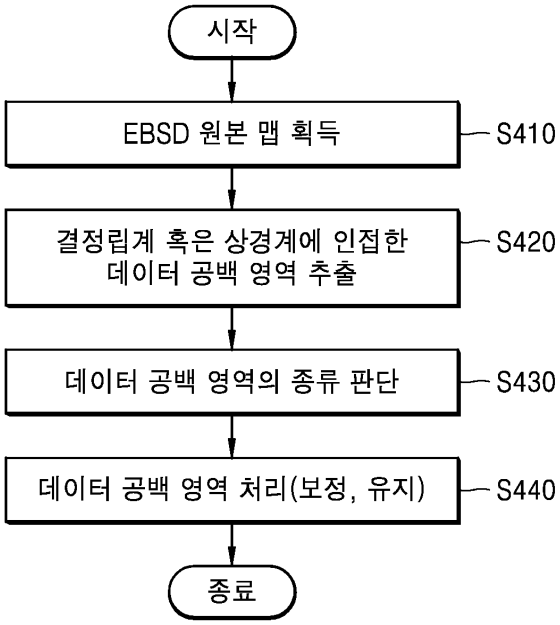
도면2



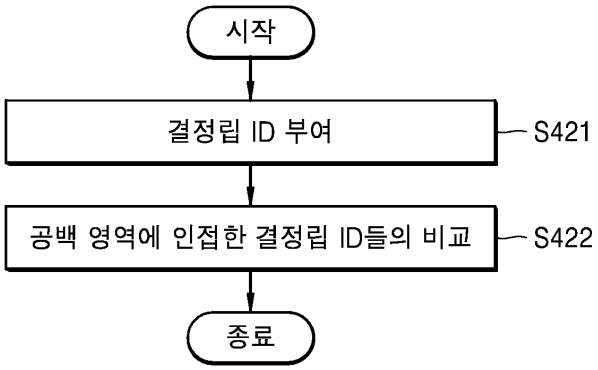
도면3



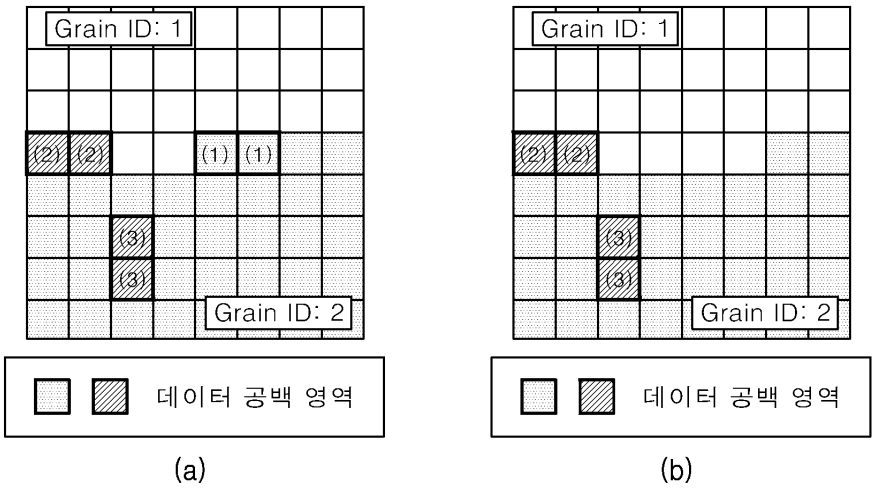
도면4


시작
EBSD 원본 맵 획득
S410
결정립계 혹은 상경계에 인접한
데이터 공백 영역 추출
S420
데이터 공백 영역의 종류 판단
S430
데이터 공백 영역 처리(보정, 유지)
S440
종료

도면5


시작
결정립 ID 부여
S421
공백 영역에 인접한 결정립 ID들의 비교
S422
종료

도면6


Grain ID: 1
(2)
(2)
(1)
(1)
(3)
(3)
Grain ID: 2
데이터 공백 영역
(a)
Grain ID: 1
(2)
(2)
(3)
(3)
Grain ID: 2
데이터 공백 영역
(b)

도면7

