

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
B21B 37/00

(45) 공고일자 1999년04월01일

(11) 등록번호 특0186903

(24) 등록일자 1998년12월30일

(21) 출원번호	특1995-005227	(65) 공개번호	특1995-031269
(22) 출원일자	1995년03월11일	(43) 공개일자	1995년12월18일
(30) 우선권주장	94-40869 1994년03월11일 일본(JP)		
	94-61022 1994년03월30일 일본(JP)		

(73) 특허권자	가와사키 세이테츠 가부시키키가이샤 도사키 시노부
(72) 발명자	일본국 효고켄 고베시 주오쿠 기타혼마치도리 1초메 1-28 다테노준이치 일본국 지바켄 지바시 주오쿠 가와사키초 1가와사키 세이테츠 가부시키키가이샤 기술연구본부내 아사노 가즈야 일본국 지바켄 지바시 주오쿠 가와사키초 1가와사키 세이테츠 가부시키키가이샤 기술연구본부내 가지 다카유키 일본국 지바켄 지바시 주오쿠 가와사키초 1가와사키 세이테츠 가부시키키가이샤 기술연구본부내 호시노 마사시 일본국 지바켄 지바시 주오쿠 가와사키초 1가와사키 세이테츠 가부시키키가이샤 지바공장내 츠즈키 사토시 일본국 지바켄 지바시 주오쿠 가와사키초 1가와사키 세이테츠 가부시키키가이샤 지바공장내 시오즈미 모토지 일본국 지바켄 지바시 주오쿠 가와사키초 1가와사키 세이테츠 가부시키키가이샤 지바공장내 가미마루 아키노부 일본국 지바켄 지바시 주오쿠 가와사키초 1가와사키 세이테츠 가부시키키가이샤 지바공장내 오사카 지카라 일본국 지바켄 지바시 주오쿠 가와사키초 1가와사키 세이테츠 가부시키키가이샤 지바공장내
(74) 대리인	김명신, 강성구

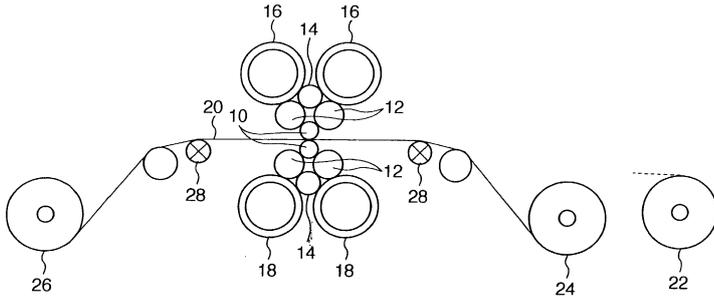
심사관 : 나동규

(54) 압연기에 있어서의 형상제어방법

요약

본 발명은 압연기에 있어서의 형상제어방법에 관한 것으로서, 형상수정용 발동기의 조작량과, 상기 조작량에 대응하는 피압연재의 형상변화량을 쌍으로 한 데이터를 조작전형예로서 복수개 준비하고, 피압연재의 실적형상과, 조작전형예의 형상변화량의 유사도를 산출하고, 상기 유사도에 따라서 조작전형예의 발동기조작량을 가중하고, 가중된 상기 발동기조작량을 기초로 하여 발동기를 조작하는 것을 특징으로 한다.

대표도



명세서

[발명의 명칭]

압연기에 있어서의 형상제어방법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명에 의한 실시예가 적용되는 12단계로 이루어지는 다단형 압연기의 개략구성을 나타내는 측면도.

제2도는 상기 다단 압연기의 형상제어 액츄에이터 및 압연기구의 개략구성을 나타내는 정면도.

제3도는 제1발명에 관련되는 제1실시예에 적용되는 제어기구와 처리데이터의 흐름을 나타내는 블록선도.

제4도는 제1실시예에 있어서의 신장 차율 데이터의 한 예를 나타내는 선도.

제5도는 제1실시예에 있어서의 목표형상의 예를 나타내는 선도.

제6(a)도는 제1실시예에 있어서의 형상편차의 한 예를 채널에 나타내는 선도.

제6(b)도는 6(a)도의 데이터를 신장차이의 최소값을 기준으로 하여 변환한 예를 나타내는 선도.

제7도는 제1실시예의 조작전형예 1, 2를 나타내는 설명도.

제8도는 제1실시예의 조작전형예 3, 4를 나타내는 설명도.

제9도는 제1실시예의 조작전형예 5, 6을 나타내는 설명도.

제10도는 제1실시예에서 이용한 뉴럴 네트워크의 개략구성을 나타내는 설명도.

제11도는 제2발명에 관련되는 제2실시예에 적용되는 제어기구와 처리데이터의 흐름을 나타내는 블록선도.

제12도는 제2실시예에서 사용한 20개의 표준형상패턴을 나타내는 선도.

제13도는 제2실시예에 있어서의 형상편차의 한 예를 나타내는 선도.

제14도는 제2실시예에서 표준형상패턴으로 분류했을때의 구성비율을 나타내는 설명도.

제15도는 제2실시예에서 표준형상패턴으로 분류했을때의 구성비율을 나타내는 다른 설명도.

제16도는 제3발명에 의한 제3실시예에 있어서의 형상제어 초기설정처리에 있어서의 데이터의 흐름을 나타내는 블록선도.

제17도는 제3실시예에 있어서의 압연조건데이터와 형상제어조작단 설정값으로부터 형상에측값을 구할때의 데이터의 흐름을 나타내는 블록선도.

제18도는 제3실시예에 있어서의 「학습」의 예를 나타내는 네트워크도.

제19도는 제3실시예에 있어서의 「연산」의 예를 나타내는 네트워크도.

제20도는 제3실시예에 있어서의 「역산」의 예를 나타내는 네트워크도이다.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

10 : 워크롤

12 : 중간롤

14 : 소형 백업롤

16 : 상부 백업롤

18 : 하부 백업롤

20 : 스트립(판)

24 : 오른쪽 인장릴

26 : 왼쪽 인장릴

28 : 형상검출기

30 : 중앙롤 벤더

32 : 형상데이터 처리기구

134 : 형상데이터 축적기구

136 : 압연조건데이터 축적기구

138 : 형상데이터조작단 축적기구

- 140 : 형상제어 실적데이터 축적기구 142 : 전형데이터 축적기구
 144 : 전형데이터군 축적기구 146 : 압연조건 입력기구
 148 : 목표형상 입력기구 150 : 초기설정값 연산기구
 152 : 초기설정값 출력기구 154 : 형상데이터 역산기구

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 압연기에 의해 압연되는 재료의 형상제어 방법에 관한 것으로(이하, 스트립(strip)(판)으로 언급된다), 특히 다단 압연기에 있어서의 스트립의 형상제어와 같이 복수의 형상 제어 액츄에이터를 구비한 압연기를 이용하고, 또한 이들 액츄에이터가 형상변화에 미치는 영향을 정량화하기 어려운 경우에도 양호한 형상제어를 실시할 수 있는 스트립의 형상제어방법에 관한 것이다.

근래 강판등의 박판압연에 있어서는 치수와 형상의 높은 정밀도의 요구되어지고 있다. 따라서 스트립의 두께와 관련한 형상제어와 롤의 크라운(crown)에 대한 제어도 중요한 과제가 되고 있다.

스트립의 형상제어에 대해서는 종래부터 여러가지 방법이 제안되고 있지만 일반적으로 스트립의 형상을 검출하는 형상검출기와, 형상제어용 액츄에이터를 구비한 압연기를 이용하여 상기 형상검출기의 출력값을 어떤 제어 알고리즘에 적용함으로써 상기 형상제어용 액츄에이터의 조작량을 산출하고, 그 조작량에 따라서 상기 액츄에이터를 조작함으로써 형상제어가 실시되고 있다.

예를 들면 형상검출기에서 얻어지는 형상데이터를 4차의 직교함수에서 근사하고, 각 차수와 사용하는 액츄에이터를 미리 대응시켜서 그 조작량이 대응하는 차수 성분의 크기변화에 주는 영향을 선형근사하여 영향계수로써 구해두고, 실제로 얻어진 형상데이터의 각 차수마다의 성분의 크기를 영향계수로 제하여 조작량을 구하는 방법이 실용화되고 있다.

그러나 샌드지미어(sandzimir mill) 압연기와 같은 다단 압연기에는 스트립의 형상이 복잡하기 때문에 스트립의 형상을 표현하기 어렵고, 또 복수의 형상 제어 액츄에이터가 구비되어 있지만, 그 조작이 형상에 미치는 영향을 정량화하기 어려운 등의 문제가 있어, 자동제어하기 어려운 문제점이 있었다.

이 문제를 해결하기 위해 이미 몇가지 제안이 이루어져 있다. 예를 들면 일본국 특허 공개공보 제 92-111910호에 있어서는 다단 압연기의 출구측에 설치한 판형상 검출기에 의해 스트립의 형상을 검출하고, 검출한 현재의 스트립형상과 각 액츄에이터의 과거의 제어량으로부터 현시점에 있어서의 스트립의 예측형상을 산출하고, 산출한 스트립의 예측형상과 그 목표형상의 차에 각 액츄에이터 조작에 의한 스트립두께 변동을 가미한 평가계수의 값을 최소로 하는 액츄에이터 조작량을 연산하고, 연산한 그 조작량을 기초로 하여 각 액츄에이터를 조작하는 형상제어방법이 제안되고 있다.

또 일본국 특허 공개공보 제 92-127908호에 있어서는 스트립의 형상을 검출하여 형상패턴의 인식을 실시하고, 다수의 형상패턴에 대하여 압연기의 조작방법을 미리 준비해두고, 인식된 상기 형상패턴에 대응하는 조작방법에 따라서 압연기를 제어하는 형상제어방법이 제안되고 있다. 여기에서는 구체적인 방법으로서 형상패턴의 인식에 계층형 뉴럴 네트워크(a neural network of a multi-layer type)를 적용하고, 그 패턴인식결과를 기초로 하여 압연기의 액츄에이터의 조작량을 구하기 위해 퍼지추론(fuzzy inference)을 적용하는 방법이 제안되고 있다.

또 일본국 특허 공개공보 제 92-238614호에 있어서는 형상검출기에서 검출한 형상을 기초로하여 전형형상패턴으로부터 가장 유사한 형상패턴을 선택하고, 선택한 전형형상패턴에 따라서 조작해야하는 액츄에이터를 결정하고, 또한 조작하는 액츄에이터에 따라서 형상파라미터를 결정하여 그 값을 산출하고, 산출한 형상파라미터를 기초로 하여 각 액츄에이터의 조작량을 산출하는 형상제어방법이 제안되고 있다.

그러나 상기한 바와 같이 샌드지미어 압연기와 같은 다단 압연기는 스트립의 형상이 복잡하기 때문에 표현하기 어렵고, 또 복수의 형상 제어 액츄에이터가 구비되어 있는데, 그 조작이 형상에 미치는 영향을 정량화하기 어려운 등의 문제가 있다. 이들 문제가 해결되어 있는지 되어 있지 않은지의 관점에서 상기 각 형상제어방법을 보면, 우선 일본국 특허 공개공보 제 92-111910호에 있어서는 각 액츄에이터의 조작량의 영향을 과거까지 거슬러 올라가서 직접 형상검출기의 각 센서용소와 대응시키고 있기 때문에 하나하나의 영향계수를 정밀도 좋게 구하기 어렵고, 어느쪽인가의 영향계수에 오차가 있었던 경우에는 형상의 평가항수가 가장 적합한것이 아니라는 문제가 있다.

또 일본국 특허 공개공보 제 92-127908호에 있어서는 형상패턴인식을 실시한 결과에서 액츄에이터 조작량을 구하는 수단으로서 퍼지추론등의 추론에서 강제적으로 영향계수를 주고 있기 때문에 역시 그 정밀도가 문제가 된다. 또 형상패턴 인식의 구체적 수단으로서 계층형 뉴럴 네트워크를 이용하는 방법을 들 수 있지만 이 방법은 학습의 진행에 따라서 인식결과가 크게 바뀌기 때문에 그 출력값은 퍼지추론의 후반부에 입력하는 확신도로서 이용하기에는 신뢰성이 저하하는 문제도 있다.

또 일본국 특허 공개공보 제 92-238614호에 있어서는 스트립의 형상과 가장 유사한 전형형상패턴을 선택하고, 그에 대응한 각 액츄에이터의 조작량을 산출하는 점에서 전형형상패턴에 대응한 형상파라미터와 액츄에이터 조작량의 영향계수에 관하여 역시 상기 일본국 특허 공개공보 제 92-111910호등과 똑같이 정밀도에 문제가 있다.

이와 같이 종래기술에서는 스트립의 형상을 인식하고, 그 인식결과에서 적합한 액츄에이터를 선택하고, 그 조작량을 구하는 형상제어방법은 제안되어 있는데, 그 어느쪽이나 형상 또는 그를 나타내는 파라미터와 액츄에이터 조작량의 관계를 나타내는 영향계수 또는 그와 같은 값인 추론식의 정밀도에 문제가 있기 때문에 충분한 제어정밀도를 얻을 수 없는 문제가 있었다.

또 강판등의 압연에 있어서, 소망하는 판형상(평탄도, 경사도)을 얻기 위해 압연기는 몇개의 형상조작단(액츄에이터)을 구비하고 있는데, 일반적으로 목표로 하는 형상을 얻기 위한 각 조작단(액츄에이터)의 초기설정값을 이론적으로 구하는 것은 매우 곤란하다.

그래서 종래에는 미리 정해진 설정값 테이블에서 색인하는 방법이 많이 이용되고 있다. 이 테이블방식은 과거의 압연 실적(實績)을 토대로 스트립에 대한 압연조건(강종류, 압하(reduction), 압연롤의 직경등)에 따라서 구분하여 가장 적합한 조작단 설정값을 정해주는 방식이다.

한편 일본국 특허 공개공보 제 92-167908호에서는 스트립의 평탄도(형상)에 관한 영향인자를 입력데이터로 하여 뉴럴 네트워크에 의해 초기설정값을 산출하는 방법이 개시되고 있다. 이 방법에서는 어떤 설정값으로 압연했을때의 실적형상값에 대하여 가장 적합한 설정값 연산장치에 의하여 각 조작단의 가장 적합한 설정값을 산출하고, 이때의 영향인자와 각 조작단 설정값을 한쌍의 데이터로 축적하여 뉴럴 네트워크의 학습작용(learning operation)에 이용한다. 뉴럴 네트워크는 계층형의 구조를 취하고 오차 역전파 학습(error back-propagation learning)을 통해 학습절차가 실행되고 여기서 영향인자가 입력에 사용되어지고, 각 조작단 설정값이 출력으로 사용된다.

그러나 상기 테이블방식에서는 적절한 구분의 나눔방식인지 아닌지에 따라서 정밀도가 크게 좌우되는 문제점이 있다. 즉 압연의 조건을 대략적으로 구분을 하면 가장 적합한 값을 구하는 것이 곤란해지고, 이와 반대로 압연의 조건을 세세하게 구분을 하면 데이터 사이즈가 커져서 그 작성과 유지에 상당한 노력을 요하게 된다.

또 일본국 특허 공개공보 제 92-167908호에 개시된 형태의 뉴럴 네트워크(계층형, 오차역전파학습)에서는 학습의 수속(收束)성의 문제가 있다. 이는 학습이 뉴럴 네트워크의 출력과 교사신호(teaching signal)의 차이(오차)가 평가함수(손실함수)로서 계산되어지고, 수속성에 대한 계산을 실시하고 있기 때문에 학습절차에 매우 많은 시간이 걸리고, 또는 극소최소화로 떨어지지거나 수속하지 않는 문제가 있다.

또 학습을 위한 데이터로서 압연실적데이터를 직접 이용하는 것은 아니고, 가장 적합한 설정값 연산수단에 의하여 산출한 값을 이용하고 있는데 원래 가장 적합한 설정값 연산수단을 작성하는 것이 곤란하다는 문제가 있고, 또한 가장 적합한 설정값 연산수단에 의하여 산출한 값에는 당연히 오차가 포함되어 있으며, 뉴럴 네트워크는 그 오차를 포함한 교사데이터(teaching data)를 학습하기 위해 정밀도는 저하하는 문제가 있다.

또한 여기에서 사용하는 형태의 뉴럴 네트워크에서는 입력과 출력의 관계를 결부하는 내부의 구조가 블랙박스화되어 있으며, 이것은 뉴럴 네트워크가 출력으로부터 입력을 계산하는 역계산을 할 수 없었다. 따라서, 영향인자(압연조건)와 소망하는 형상을 입력데이터로 하여 조작단 설정값을 출력하는 뉴럴 네트워크에 있어서, 어떤 입력데이터에 대해서 출력값의 오차가 커진 경우에는 영향인자와 조작단 설정값으로부터 형상을 역산해보아서 검증을 하는 일이 전혀 불가능하다는 문제가 있다.

본 발명은 샌드지미어 압연기와 같은 다단 압연기에서 스트립의 형상이 복잡하기 때문에 표현하기 어렵고, 또 복수의 형상 제어 액츄에이터를 구비하면서 그 조작이 형상에 미치는 영향을 정량화하기 어려운 등의 이유에 의해 형상의 자동제어가 실시되기 어려운 압연기에 대해서도 양호한 형상제어를 가능하게 하는 스트립의 형상제어방법을 제공하는 것을 제1목적으로 한다.

본 발명은 또 테이블의 작성을 필요로 하는 일 없이 압연실적을 기초로 한 형상제어조작단의 가장 적합한 초기설정값을 용이하고, 또한 정밀도 좋게 결정하고 설정하는 것이 가능한 압연기의 형상제어방법을 제공하는 것을 제2목적으로 한다.

제1발명은 스트립의 형상을 검출하는 형상검출기와, 상기 형상검출기의 출력값을 기초로하여 조작되어지는 형상제어용 액츄에이터를 구비한 압연기에서 스트립의 형상제어방법을 제공한다. 상기 형상검출기의 출력값을 기초로 하여 상기 형상제어용 액츄에이터를 조작함으로써 상기 스트립의 형상을 제어하는 압연기에 있어서의 스트립의 형상제어방법에 있어서, 상기 형상수정용 액츄에이터의 조작량과, 상기 조작량에 대응하는 스트립의 형상변화량을 쌍으로 한 데이터를 조작전형예로서 복수개 준비하고, 상기 형상검출기에서 검출한 스트립의 실적형상과 목표형상의 차인 실적형상편차와, 상기 조작전형예의 형상 변화량과의 유사도를 산출하고, 산출한 상기 유사도에 따라서 상기 조작전형예의 액츄에이터 조작량을 가중하고, 가중한 상기 액츄에이터의 조작량을 기초로 하여 형상제어용 액츄에이터를 조작함으로써 상기 제1목적을 달성한 것이다.

제1발명은 상기 형상제어방법에 있어서, 조작전형예의 작성, 유지, 연산을 반경기저함수형(radius basic function type) 뉴럴 네트워크를 이용하여 실시하도록 한 것이다.

제1발명은 상기 형상제어방법에 있어서, 압연중의 액츄에이터조작과 상기 조작에 의한 형상변화와 데이터를 실적데이터로서 축적하고 항상 조작전형예의 수정, 추가등의 갱신을 실시하도록 한 것이다.

제1발명은 또한 상기 스트립 형상제어방법에 있어서, 조작전형예의 작성, 유지, 연산을 반경기저함수형 뉴럴 네트워크를 이용하고, 또한 압연중의 액츄에이터 조작과 상기 조작에 의한 형상변화의 데이터를 실적데이터로서 축적하고, 항상 조작전형예의 수정, 추가등의 갱신을 실시하도록 한 것이다.

또 제2발명은 스트립의 형상을 검출하는 형상검출기와, 형상제어용 액츄에이터를 갖는 압연기를 구비한 압연설비를 이용하여 상기 형상검출기의 출력값을 기초로 하여 상기 형상제어용 액츄에이터를 조작함으로써 상기 스트립의 형상을 제어하는 압연기에 있어서의 스트립의 형상제어방법에 있어서, 스트립의 형상변화와, 상기 형상변화를 미리 정해진 표준형상패턴으로 분해했을때의 구성비율을 쌍으로 한 데이터를 형상전형예로 하여 복수개 준비하고, 상기 형상제어용 액츄에이터의 조작량과, 상기 조작량에 대응하는 스트립의 형상변화를 표준형상패턴으로 분해했을때의 구성비율을 쌍으로 한 데이터를 조작전형예로 하여 복수개 준비하고, 상기 형상검출기에서 검출한 스트립의 실적형상과 목표형상의 차인 실적형상편차와, 상기 형상전형예의 형상변화의 유사도를 산출하고, 산출한 상기 유사도에 따라서 상기 형상전형예의 구성비율을 가중하고, 가중한 해당 구성비율과 상기 조작전형예의 액츄에이터조작량을 가중하고, 가중한 상기 액츄에이터의 조작량을 기초로 하여 형상제어용 액츄에이터를 조작함으로써 똑같이 상기 과제를 해결한 것이다.

제2발명은 또 상기 형상제어방법에 있어서, 형상전형예 및 조작전형예의 작성, 유지, 연산을 반경기저함

수형 뉴럴 네트워크를 이용하여 실시하도록 한 것이다.

제2발명은 또 상기 스트립의 형상제어방법에 있어서, 압연중의 액추에이터조작과 상기 조작에 의한 형상 변화의 데이터를 실적데이터로서 축적하고, 항상 형상전형예 및 조작전형예의 수정, 추가등의 갱신을 실시하도록 한 것이다.

제2발명은 또한 상기 형상제어방법에 있어서, 형상전형예 및 조작전형예의 작성, 유지, 연산을 변경기저함수형 뉴럴 네트워크를 이용하여 실시하고, 또한 압연중의 액추에이터조작과 상기 조작에 의한 형상 변화의 데이터를 실적데이터로서 축적하고, 항상 형상전형예 및 조작전형예의 수정, 추가등의 갱신을 실시하도록 한 것이다.

제1발명에 있어서는 상기 형상제어용 액추에이터의 조작량과, 상기 조작량에 대응하는 스트립의 형상 변화량을 쌍으로 한 데이터를 조작전형예로서 복수개 준비하고, 상기 형상검출기에서 검출한 스트립의 실적형상과 목표형상의 차인 실적형상편차와, 상기 조작전형예의 형상변화량과의 유사도를 산출하고, 산출한 상기 유사도에 따라서 상기 조작전형예의 액추에이터 조작량을 가중하고, 가중한 상기 액추에이터의 조작량을 기초로 하여 형상제어 액추에이터를 조작하도록 했기 때문에 스트립의 형상을 고정밀도로 제어하는 것이 가능하게 된다.

제1, 제2발명에 있어서, 항상 조작전형예의 수정, 추가를 실시하는 경우에는 제어성능의 유지, 향상을 꾀할 수 있다.

여기에서 조작전형예란 실제의 압연결과로부터 추출되는 것으로 액추에이터조작과 형상 변화의 인과관계를 구체적인 예에 의하여 나타낸 것이다. 즉 「액추에이터를 이만큼 조작했더니 형상이 이만큼 변화했다.」라는 것을 수치로 나타내고 있기 때문에 직관적으로 이해하기 쉽다.

액추에이터조작과 형상 변화의 관계는 비선형일 수도 있는데, 이 조작전형예를 다수 배치하고 그들 중에서 현재 실시하려 하고 있는 조작사례에 유사한 것을 복수개 선택하고 그들을 유사도에 따라서 가중하고 가중한 것을 기초로 하여 조작량을 구함으로써 형상 변화와 액추에이터조작의 비선형성에도 대응할 수 있다.

제2발명에 있어서는 스트립의 형상 변화와, 상기 형상 변화를 미리 정해진 표준 형상 패턴으로 분해했을 때의 구성비율을 쌍으로 한 데이터를 형상전형예로서 복수개 준비하고, 상기 형상제어용 액추에이터의 조작량과, 상기 조작량에 대응하는 스트립의 형상 변화를 표준형상 패턴으로 분해했을 때의 구성비율을 쌍으로 한 데이터를 조작전형예로서 복수개 준비하고, 상기 형상검출기에서 검출한 스트립의 실적형상과 목표형상의 차인 실적형상편차와, 상기 형상전형예의 형상 변화와의 유사도를 산출하고, 산출한 상기 유사도에 따라서 상기 형상전형예의 구성비율을 가중하고, 가중한 상기 액추에이터의 조작량을 기초로 하여 형상제어용 액추에이터를 조작하도록 했기 때문에 똑같이 스트립의 형상의 자동제어를 고정밀도로 실시하는 것이 가능하게 된다.

따라서 제1, 제2발명에 따르면 다단 압연기에 의한 압연과 같이 스트립의 형상이 복잡하기 때문에 표현하기 어렵고, 복수의 형상 제어 액추에이터가 구비되어 있는데, 그 조작이 형상에 미치는 영향을 정량화하기 어려운 등의 이유에 의해 형상의 자동제어를 실시하기 어려운 대상에 대해서도 양호한 제어가 가능하게 된다.

제1, 제2발명에 있어서, 압연중의 액추에이터조작과 상기 조작에 의한 형상 변화의 데이터를 실적데이터로서 축적하고, 항상 형상전형예 및 조작전형예의 수정, 추가등의 갱신을 실시하는 경우에는 제어성능의 유지, 향상을 꾀할 수 있다.

특히 조작전형예 또는 형상전형예 및 조작전형예의 작성, 유지, 연산을 변경기저함수형 뉴럴 네트워크를 이용하여 실시함으로써 용이하게 조작전형예 또는 형상전형예 및 조작전형예의 작성, 유지, 연산이 가능하게 된다.

또한 압연중의 액추에이터조작과 상기 조작에 의한 형상 변화 데이터를 이용하여 형상전형예 또는 조작전형예(뉴럴 네트워크의 중간유닛)의 수정, 추가를 실시함으로써 제어성의 유지, 향상을 꾀하는 것이 가능하게 된다.

제3발명은 스트립의 형상을 제어하는 조작단을 상기 스트립을 압연하기 전에 설정한다. 압연기의 형상제어방법에 있어서, 스트립의 압연조건, 형상조작단의 설정값, 스트립의 형상지표값의 쌍을 형상제어 실적데이터로 하여 과거의 압연실적에 의한 형상제어 실적데이터군으로부터 복수의 전형적인 형상제어 실적데이터를 추출하여 형상제어 표준데이터군으로서 유지하고, 압연전에 스트립의 압연조건과 목표로 하는 형상지표값을 주고 상기 압연조건과 형상지표값에 대하여 형상제어 표준데이터와의 유사도를 구하고, 상기 유사도에 따라서 형상제어 표준데이터의 형상조작단 설정값을 합성하여 산출함으로써 상기 제2목적 달성을 꾀한다.

제3발명은 또 상기 형상제어방법에 있어서, 형상지표값으로서 일정폭의 채널폭마다 측정된 스트립(판)폭 방향의 신장률 분포를 스트립폭으로 규격화한 값을 이용하도록 한 것이다.

제3발명은 또 상기 형상제어방법에 있어서, 형상지표값으로서 일정폭의 채널폭마다 측정된 스트립폭 방향의 신장률 분포를 스트립폭으로 규격화한 값을 이용하도록 한 것이다.

제3발명은 또 상기 형상제어방법에 있어서, 초기설정에서 이용하는 형상조작단이 스트립폭에 대하여 대칭인 움직임으로 한정되는 경우, 상기 형상지표값으로서 비대칭성분을 제거한 대칭성분만의 값을 이용하도록 한 것이다.

제3발명은 또 상기 형상제어방법에 있어서, 과거의 압연실적에 의한 형상제어 실적데이터군으로서 압연의 물리현상을 모델화한 시뮬레이션모델을 이용하여 압연조건과 형상제어 초기설정량으로부터 형상데이터를 의사적으로 계산한 데이터를 덧붙이도록 한 것이다.

제3발명은 또한 상기 형상제어방법에 있어서, 상기 압연조건과 형상조작단 설정값에 대하여 형상제어 표준데이터와의 유사도를 구하고, 상기 유사도에 따라서 형상제어 표준데이터의 형상지표값을 합성하여 산

출하고, 실제로 압연하여 측정된 실적형상의 지표값과의 오차가 어떤 일정한 값 이상으로 커졌을 때 새로운 압연실적을 덧붙인 형상제어 실적데이터군으로부터 복수의 전형적인 형상제어 실적데이터를 추출하여 형상제어 표준데이터군으로서 유지하도록 한 것이다.

압연기가 구비하는 형상조작단에 의한 스트립의 형상제어에는, (1) 압연중에 검출되는 실적형상값을 토대로 하여 이들 조작단을 잘 조작하는 피드백제어를 실시한다.

(2) 압연개시전에 압연조건에 대한 가장 적합한 조작단의 초기설정을 실시한다.

즉 제3발명은 상기의(2)의 방법에 의한 것이다.

즉 제3발명에 따르면 스트립의 압연조건, 형상조작단의 설정값, 스트립의 형상지표값의 쌍을 형상제어 실적데이터로 하여 과거의 압연실적에 의한 형상제어 실적데이터군으로부터 복수의 전형적인 형상제어 실적데이터를 추출하여 형상제어 표준데이터군으로서 유지하고, 압연전에 스트립의 압연조건과, 목표로 하는 형상지표값을 주어서, 상기 압연조건과 형상지표값에 대하여 형상제어 표준데이터와의 유사도를 구하고, 상기 유사도에 따라서 형상제어 표준데이터의 형상조작단 설정값을 합성하여 산출하도록 하고 있기 때문에 형상제어조작단의 설정값을 색인하는 테이블을 작성할 필요가 없고, 압연실적을 기초로 한 가장 적합한 초기설정값을 결정하여 설정할 수 있다.

또 실적데이터의 학습에 있어서, 오차의 평가항수를 최소로 하는 수속계산을 실시하고 있지 않기 때문에 학습에 매우 시간이 걸리거나, 또는 국소적인 최소해에 떨어져서 수속하지 않는 일이 없고 용이하게 학습할 수 있다.

또 학습을 위한 데이터로서 가장 적합한 설정값 연산수단을 작성할 필요가 없고 압연 실적데이터를 직접 이용하고 있기 때문에 뉴럴 네트워크 학습의 교사데이터에는 가장 적합한 설정값 연산수단에 의해 발생하는 오차가 포함되지 않고 정밀도 좋게 가장 적합한 설정값을 산출할 수 있다.

또한 어떤 입력데이터에 대한 출력값이 적절하지 않은 경우에 영향인자와 조작단 설정값으로부터 형상을 역산하여 검증하는 것이 가능하기 때문에 정밀도 좋게 가장 적합한 설정값을 산출할 수 있다.

또 상기 형성지표값으로서 일정폭의 채널폭마다 측정된 스트립폭방향의 신장률분포를 이용한 경우에도 똑같은 결과를 얻을 수 있고, 또한 상기 신장률분포를 스트립폭으로 규격화한 경우에는 채널수에 의존하지 않는 형성지표값을 정할 수 있다.

또 초기설정에서 이용하는 형상조작단이 스트립폭에 대하여 대칭인 움직임에 한정되는 경우에는 형상지표값으로서 비대칭성분을 제거한 대칭성분만의 값을 이용하는 것으로 똑같은 결과를 얻을 수 있다.

또 과거의 압연실적에 의한 형상제어 실적데이터군으로서 압연의 물리현상을 모델화한 시뮬레이션 모델을 이용하여 압연조건과 형상제어 초기설정량으로부터 형상데이터를 의사적으로 계산한 데이터를 첨가하기로 한 경우에는 실적데이터를 충분히 수집할 수 없는 경우에도 형상제어 초기설정을 정밀도 좋게 실시할 수 있다.

또한 스트립의 압연조건, 형상조작단의 설정값, 스트립의 형상지표값의 쌍을 형상제어 실적데이터로 하고 과거의 압연실적에 의한 형상제어 실적데이터군으로부터 복수의 전형적인 형상제어 실적데이터를 추출하여 형상제어 표준데이터군으로서 유지하고, 압연전에 스트립의 압연조건과 목표로 하는 형상지표값을 주고, 상기 압연조건과 형상지표값에 대하여 형상제어 표준데이터와의 유사도를 구하고, 상기 유사도에 따라 형상제어 표준데이터의 형상조작단 설정값을 합성하여 설정값을 합성하여 산출하고, 또한 상기 압연조건과 형상조작단 설정값에 대하여 형상제어 표준데이터와의 유사도를 구하고, 상기 유사도에 따라서 형상제어 표준데이터의 형상지표값을 합성하여 산출하고, 실제로 압연하여 측정된 실적형상의 지표값과의 오차가 어떤 일정값 이상으로 커졌을 때 새로운 압연실적을 덧붙인 형상제어 실적데이터군으로부터 복수의 전형적인 형상제어 실적데이터를 추출하여 형상제어 표준데이터군으로서 유지하는 경우에는 「역산」으로 구한 예측형상과 실제로 압연했을 때 측정시 실적형상데이터의 오차가 클 때 재학습에 의해 정밀도의 유지가 가능하게 된다.

이하 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다.

본 실시예는 스트립 압연을 실시할때의 형상제어의 예이며, 제1도는 본 실시예에 적용되는 12단식 클래스터(cluster type)형 다단 압연기를 구비한 압연설비의 개요를 나타내는 측면도이다.

제1도에 있어서, 12단의 롤은 상하 1쌍으로 이루어지는 워크롤(10), 상하 2쌍으로 이루어지는 중간롤(12), 상하 1쌍으로 이루어지는 소형백업롤(14), 상측 2쌍의 상부 백업롤(16), 하측 2쌍의 아래 백업롤(18)로 구성되어 있다.

이 다단 압연기에 있어서는 스트립(20)은 오른쪽 인장릴(24), 또는 왼쪽 인장릴(26)으로부터 공급되어 워크롤(10)에서 압연되고, 반대측의 인장릴에 감겨지게 되어 있다(또한 스트립(20)은 페이오프릴(payload reel)(22)로부터 공급되는 일도 있다). 그때 워크롤(10)에 의해 압연된 스트립(20)의 폭방향에서의 형상은 형상검출기(28)에 의해 검출한다.

제2도는 상기 다단 압연기가 구비되어 있는 형상제어 액추에이터 및 압연기구의 개략구성을 나타내는 정면도이며, 도시하는 바와 같이 스트립(20)은 상하측에 있는 워크롤(10)에 의하여 압하되어 가늘게 연장된다.

본 실시예에서는 상부 백업롤(16)은 7분할되어 있으며, 중심부(16A), 쿼터인(quarter-in)부(16B), 쿼터아웃(quarter-out)부(16C), 예지(16D)부가 각각 대칭성을 유지하면서 밀어냄(압하)을 실시함으로써 롤크라운조정이 가능하다. 똑같이 하부 백업롤(18)은 6분할되어 있으며, 중심부(18A), 쿼터부(18B), 예지부(18C)가 각각 대칭성을 유지하면서 밀어냄(압하)을 실시함으로써 롤크라운조정이 가능하게 되어 있다. 그리고 이 다단 압연기는 형상제어 액추에이터로서 상하의 백업롤(16, 18)의 롤크라운 조정장치(도시되지 않음), 중간롤 벤더(화살표시로 나타낸다)(30) 및 조작축과 구동축의 압하위치차이를 조정하는 압하레벨링

장치이다.

제3도는 피드백 제어에 관계된 본 발명의 제1실시에에 따라 형상제어기능과 처리데이터의 흐름의 한 예를 나타내는 블록도이다. 이 제3도에 있어서, 형상검출기(28)로부터의 장력검출결과가 형상데이터 처리기구(32)에 입력되면 상기 형상데이터 처리기구(32)에서는 그 결과를 스트립폭방향의 신장 차율데이터로 변환한다. 제4도에 실제의 장력검출결과를 기초로 하여 구한 신장 차율데이터의 한 예를 나타낸다. 이 신장차율이란 스트립의 긴쪽방향(압연방향)의 신장치의 스트립폭방향의 분포이며 가장 신장이 작은 지점을 기준으로 한 것이다. 이 신장차율 및 그 측정방법에 대해서는 소화 59년 9월 1일 사단법인 닛폰 닛코우 교카 이발행 「판압연의 이론과 실제」 제 265페이지 이하에 상세하게 설명되어 있다.

이 제4도에 있어서, 횡축은 스트립폭방향에 상당하고 형상검출기(28)의 검출채널마다 표시되어 있다. 또 종축은 신장율을 나타내고, 단위는 [l-unit]를 이용하고 있다. 1[l-unit]는 스트립 1m당 10 μ m의 신장차율에 상당한다.

또 목표형상 발생기구(34)에서는 스트립의 목표형상(목표신장차율의 폭방향분포에 상당한다)을 설정하고, 형상편차 계산기구(36)에 입력한다. 제5도에 목표형상의 한 예를 나타낸다. 이 형상편차 계산기구(36)에서 형상데이터 처리기구(32)로부터 입력된 실적형상데이터(제4도의 신장차율데이터에 해당한다)와 목표형상 발생기구(34)로부터 입력된 목표형상데이터와의 편차인 형상편차(=목표형상데이터-실적형상데이터)를 계산한다.

제6(a)도 및 제6(b)도에 형상검출기(28)에 의해 측정된 제4도의 실적형상데이터와 제5도의 목표형상과의 형상편차(신장차율분포의 편차)를 검출채널마다 나타낸다. 제6(a)도는 단순히 목표형상데이터로부터 실적형상데이터를 뺀 결과를, 제6(b)도는 제6(a)도에 있어서의 신장치의 최소값(이 예에서는 제9채널)을 기준, 즉 0이 되도록 변환한 형상편차이다.

조작전형에 격납기구(38)에는 미리 형상제어용 액츄에이터의 조작량과 상기 조작량에 대응하는 스트립의 형상변화량을 쌍으로 한 데이터가 조작전형으로서 복수개 격납되어 있다. 제7~9도에는 조작전형예의 예를 나타내고, 이 조작전형예는 형상편차패턴과 그에 대한 액츄에이터조작의 조합으로 이루어지고 여기에서는 그 조합이 6개이다.

패턴인식기구(40)에서는 형상편차 계산기구(36)에서 계산된 실적형상과 목표형상의 형상편차에 대하여 조작전형예의 형상변화량과의 유사도를 산출한다. 즉 제6(b)도의 형상편차에 대하여 제7도~제9도에 나타낸 조작전형예1~6의 각 형상편차패턴과의 유사도를 각각 R(1)~R(6)로 나타내고, 다음의 (1)~(2)식에 의해 유사성이 높을수록 큰 값을 취하도록 정의한다(x=1~6).

$$R(x)=1/R'(x) \quad \dots(1)$$

$$R'(x)=\sum_{m=1}^M(T_m-F_m)^2 \quad \dots(2)$$

여기에서 T_m : 조작전형예의 형상편차패턴의 제 n 채널의 값

$$(m=1, \dots, M)$$

F_m : 실적의 형상변화패턴의 제 m 채널의 값

$$(m=1, \dots, M)$$

x : x번째의 조작전형예

M : 형상검출기의 유효채널수

제1실시에에서는 상기와 같이 유사도로서 형상편차의 각 채널마다의 2승오차의 역수를 이용하지만 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니고, 예를 들면 상관계수등의 척도를 이용할 수도 있다.

액츄에이터조작량 연산기구(42)에서는 패턴인식기구(40)에서 산출된 유사도에 따라서 조작전형예의 액츄에이터조작량의 중량을 측정하여 액츄에이터조작량의 산출을 실시한다. 각 액츄에이터의 조작량은 이하와 같이 하여 산출할 수 있다.

$$UEG = \frac{\sum_{x=1}^K R(x) \times UEG(x)}{\sum_{x=1}^K R(x)} \quad \dots(3)$$

$$UQO = \frac{\sum_{x=1}^K R(x) \times UQO(x)}{\sum_{x=1}^K R(x)} \quad \dots(4)$$

$$UQI = \frac{\sum_{x=1}^K R(x) \times UQI(x)}{\sum_{x=1}^K R(x)} \quad \dots(5)$$

$$BD = \frac{\sum_{x=1}^K R(x) \times BD(x)}{\sum_{x=1}^K R(x)} \quad \dots(6)$$

$$L = \frac{\sum_{x=1}^K R(x) \times L(x)}{\sum_{x=1}^K R(x)} \quad \dots(7)$$

여기에서 UEG : 상부 백업롤의 에지부 조작량

UQO : 상부 백업롤의 쿼터아웃부 조작량

UQI : 상부 백업롤의 쿼터인부 조작량

BD : 중간롤벤더 조작량

L : 압하레벨링 조작량

UEG(x) : X번째의 조작전형예의 상부 백업롤의 에지부 조작량(x=1, ..., k)

UQO(x) : X번째의 조작전형예의 상부 백업롤의 쿼터아웃부 조작량(x=1, ..., k)

UQI(x) : X번째의 조작전형예의 상부 백업롤의 쿼터인부 조작량(x=1, ..., k)

BD(x) : X번째의 조작전형예의 중간롤벤더 조작량(x=1, ..., k)

L(x) : X번째의 조작전형예의 압하레벨링 조작량(x=1, ..., k)

이상과 같이 산출한 조작량에 따라서 실제로 액츄에이터(44)의 조작을 실시한다.

제1실시예는 상기 제12도~제14도에 나타난 조작전형예의 작성, 유지, 연산을 반경기저함수형 뉴럴 네트워크를 이용하여 실시하고 있다. 하기에 이에 대하여 설명한다.

제10도에 제1실시예에서 이용한 뉴럴 네트워크의 구조를 나타낸다. 이 뉴럴 네트워크는 m유닛으로 이루어지는 입력층, y유닛으로 이루어지는 중간층, t유닛으로 이루어지는 출력층의 3층구조를 갖고, 입력층에 실적형상편차가 입력되면 출력층으로부터 각 액츄에이터의 조작량이 출력되게 되어 있다. 또 중간층에는 이후에 상세히 서술하는 바와 같이 조작전형예가 들어가게 된다.

이하, 상기 뉴럴 네트워크의 작성과 연산방법에 대하여 상세히 설명한다. 뉴럴 네트워크의 작성(학습절차의 수행)에서는 조업중의 액츄에이터의 조작량과 그때의 형상변화량을 형상제어 실적데이터로서 사용한다. 형상제어 실적데이터가 전부 J개 있다고 할때 j번째의 형상제어 실적데이터(Dj)를 다음의 (8)과 같이 정의한다(j=1, ..., J).

$$D_j = \{ACT_j(s), F_{jm}\} \quad \dots(8)$$

다만 ACT_j(s) : S번째의 액츄에이터의 조작량

s : 액츄에이터의 번호(1 < s ≤ t)

t : 액츄에이터의 갯수

F_{jm} : 스트립폭방향의 m번째 채널의 형상변화량(1 < m ≤ M)

M : 형상검출기의 유효채널수

D_j의 각 요소 {ACT_j(s), F_{jm}} 중 F_{jm}이 입력되면 입력층의 유닛과 중간층의 유닛(조작전형예의 상당한다)의 사이 및 ACT_j(s)가 출력되는 출력층의 유닛과 중간층의 유닛의 사이는 무게방식의 결합을 하고 있다. m번째 입력유닛과 X번째 중간유닛의 사이의 결합무게를 PF_{mx}, S번째 출력유닛과 X번째 중간유닛의 사이의 결합무게를 PA_xs로 한다. 이 결합무게계수는 조작전형예의 각 속성값(형상편차패턴, 액츄에이터 조작량의 값)에 상당한다. X번째 조작전형예의 결합무게를 PT_x = {PF_{mx}, PA_xs} 로 한다. 입력유닛에서는 입력데이터에 대하여 규격화등의 변환을 적절히 실시하는 것으로 한다.

조작전형예의 작성은 이하의 순서로 실시한다.

1) 입력유닛 입력차원에 일치하여 위치시키고, 출력유닛은 출력차원에 일치하여 일치시킨다.

이 예에서는 입력유닛수는 형상변화데이터의 채널수 m개가 되고, 출력유닛수는 액츄에이터수의 t개가 된

다.

처음에는 중간유닛은 놓지 않는다. 또 정수(TH)를 정한다. 이 TH의 값을 작게하면 중간유닛이 다수 작성되고, 반대로 정수(TH)의 값을 크게 하면 작성되는 중간유닛의 수는 적어진다. 여기에서는 연산시간, 제어성능등을 고려하여 시행착오적(trial-and-error)으로 정수(TH)를 정하고 있다.

2) 1번째의 형상제어 실적데이터(D1)를 1번째의 조작전형예의 결합계수(P1)로 한다.

$$P1=D1 \quad \dots(9)$$

$$(PFm1=F1m, PA1s=ACT1(s))$$

또 조작전형예유닛(P1)의 카운터(C1)를 1로 한다.

C1=1

3) 2번째의 형상제어 실적데이터(D2)에 대하여 조작전형예(중간유닛)(1)의 거리(d)(D2,PT1)를 구한다. 다만 거리(d)는 다음의 (10)식으로 주어진다.

$$d(Dj, PTx)$$

$$= \| Dt-PTx \|$$

$$= \{ \sum_{m=1}^M (Fm_t - PF_{xm})^2 + \sum_{s=1}^S (ACT_j(s) - PA_{js})^2 \}^{1/2} \quad \dots(10)$$

3-a) $d(D2, PT1) > TH$ 인때

2번째의 형상제어 실적데이터(D2)를, 2번째의 조작전형예(중간유닛)의 결합계수(PT2)로 한다.

$$PT2=D2 \quad \dots(11)$$

$$(PFm2=F2m, PA2s=ACT2(s))$$

또 조작전형예 2의 카운터(C2)를 1로 한다.

C2=1

3-b) $d(D2, PT1) \leq TH$ 인때

1번째의 조작전형예의 결합계수(PT1)를 수정한다. 다만 수정후의 조작전형예 PT1new는 하기식과 같다.

$$(PT1new=(C1 \cdot PT1+D2)/(C1+1)) \quad \dots(12)$$

$$(PFm1new=(C1 \cdot PFm1+D2)/(C1+1),$$

$$PA1snew=(C1 \cdot PA1s+D2)/(C1+1))$$

또 조작전형예유닛(P1)의 카운터(C1)에 1을 첨가한다.

C1new =C1+1

4) 똑같이 j번째의 형상제어 실적데이터(Dj)에 대하여 지금까지 작성된 모든 중간유닛과의 거리를 구하고 최소거리가 되는 조작전형예 (PT_k)를 선택한다.

4-a) $d(Dj, PT_k) > TH$ 인때

j번째의 형상제어 실적데이터(Dj)를 (K+1)번째의 조작전형예의 결합계수를 PT_{k+1}로 한다.

$$PT_{k+1}=Dj \quad \dots(13)$$

$$(PFm_{k+1}=Fkm, PA_{k+1}s=ACT_k(s))$$

또 조작전형예유닛(PT_{k+1})의 카운터(C_{k+1})를 1로 한다.

$$C_{k+1}=1$$

4-b) d (D_j, PT_k) \leq TH인 때

조작전형예유닛(PT_k)의 결합계수를 수정한다. 다만 수정후의 조작전형예(PT_{kNEW})는 다음식으로 한다.

$$PT_{knew}=(C_k \cdot PT_k + D_j)/(C_{k+1}) \quad \dots(14)$$

$$(PFm_{knew}=(C_k \cdot PFm_k + D2)/(C_{k+1}),$$

$$PA_{ksnew}=(C_k \cdot PA_{ks} + D2)/(C_{k+1})).$$

또 조작전형예유닛(P_k)의 카운터(C_k)에 1을 첨가한다.

$$C_{knew} = C_k + 1$$

5) 이상의 처리를 전형상제어 실적데이터 { $D_j \mid 1 < j \leq J$ }에 대하여 실시함으로써 y 개의 조작전형예(중간유닛)가 생성된다.

이 조작전형예유닛의 결합계수는 조작전형예의 속성값(형성편차패턴, 액츄에이터조작량의 값)에 상당해 있기 때문에 y 개의 조작전형예가 추출된 것이 된다. 이때 y 개의 조작전형예중 x 번째의 데이터를 PT_x 로 하면 다음의 (15)식으로 나타낼 수 있다.

$$PT_x = \{PFm_x, PAx_s\} \quad \dots(15)$$

여기서, PAx_s : x 번째의 중간유닛과 s 번째의 출력유닛간의 결합무게

(x 번째의 전형조작측에 있어서의 s 번째의 액츄에이터의 조작량)

PFm_x : m 번째의 입력유닛과 x 번째의 중간유닛간의 결합무게(전형조작측(x)에 있어서의 스트림폭방향의 m 채널의 형상변화량)

즉 s 번째 액츄에이터를 PAx_s 에 의해 조작했을때에 제 m 채널의 형상변화량은 PFm_x 만큼 변화하는 관계를 나타내고 있다.

다음으로 압연중에 얻어진 실적형상편차로부터 액츄에이터 조작량을 구하는 연산방법에 대하여 설명한다. 이 연산에서는 실적형상편차와 각 조작전형예의 형상편차데이터의 유사도를 구하고, 그 유사도에 따라서 액츄에이터 조작량을 산출한다.

압연중에 형상검출기(28)에 의하여 측정된 실적형상과, 미리 설정된 목표형상과의 편차를 실적형상편차(F_n)로 한다. 이 실적형상편차(F_n)는 상기 제10도에 나타내는 바와 같이 뉴럴 네트워크의 각 입력유닛에 입력되고, 각 중간유닛(PT_x)과의 사이의 결합무게에 대하여 다음의 (16)식에 의한 계산을 하고 중간유닛(x)에 대한 입력(IP_x)으로 한다.

$$IP_x = \left\{ \sum_{m=1}^M (PFm_x - F_m)^2 \right\}^{1/2} \quad \dots(16)$$

여기에서 PFm_x : m 번째 입력유닛과 x 번째 중간유닛 사이의 결합무게

(x 번째 전형조작측에 있어서의 스트림폭방향의 m 채널의 형상변화량)

F_m : 실적의 형상편차패턴의 제 m 채널의 값

x : x 번째의 조작전형예(중간유닛)

M : 형상검출기의 유효채널수

중간유닛에서의 입출력함수로서 다음의 (17)식으로 주어지는 가우시함수를 사용한다. 여기에서 σ 는 정수이다.

$$f(x) = \exp(-x^2/2\sigma^2) \quad \dots(17)$$

따라서 x 번째 중간유닛으로부터의 출력값(OP_x)은 다음의 (18)식으로 나타낼 수 있다. 이 OP_x 가 중간유닛(조작전형예)과 입력된 형상편차 실적사이에서 유사도에 상당한다.

$$OP_x = f(IP_x) \quad \dots(18)$$

또한 S번째 출력유닛에서의 출력값(ACT(s))은 다음의 (19)식으로서 구할 수 있다.

$$ACT(s) = \frac{\sum_{x=1}^n (OP_x \cdot PA_{xs})}{\sum_{x=1}^n OP_x} \quad \dots(19)$$

다만 PA_{xS} : x번째 중간유닛과 S번째 출력유닛 사이의 결합무게

(x번째 전형조작측에 있어서의 S번째 액츄에이터의 조작량)

이상의 연산에 의해 S번째 액츄에이터의 조작량(ACT(s))을 산출할 수 있다.

또한 압연중의 발동기조작과 상기 조작에 의한 형상변화데이터를 이용하여 조작전형예(뉴럴 네트워크의 중간유닛)의 수정, 추가를 실시함으로써 제어성능의 유지, 향상을 꾀할 수 있다.

이상 상세히 서술한 제1실시예에 따르면 뉴럴 네트워크에 의해 압연형상 실적데이터중에서 조작전형예를 추출하고 압연중의 형상변화에 대하여 조작전형예의 내부삽입에 의해 형상제어를 실시하는 것이 가능하게 됨으로써 형상변화와 액츄에이터조작의 대응지음이 곤란한 다만 압연기로도 양호한 형상제어를 실시하는 것이 가능하게 된다.

다음으로 피드백 제어에 관련된 본 발명의 제2실시예에 대하여 설명한다.

제11도는 제2실시예에 적용되는 제어기구와 처리데이터의 흐름을 나타내는 블록선도이다. 이하 상기 제1 실시예의 경우와 다른 점을 중심으로 상세히 설명한다.

제12도는 제2실시예에서 사용하는 20개의 표준형상패턴을 나타내고, 각 표준형상패턴의 구성비율을 STD(z)(다만 z=1,2,...,20)로 한다.

형상전형예 격납기구(46)에서는 스트립의 형상과, 그 형상을 표준형상패턴으로 분류했을때의 구성비율을 쌍으로 한 데이터를 형상전형예로서 복수개 격납해둔다. 그 한 예로서 제13도에 나타난 형상을 표준형상 패턴으로 분류했을 때의 구성비율을 제14도, 제15도에 나타낸다.

이하 V번째 형상전형예를 다음의 (20)식으로 정의한다.

$$v = \{P_{vm}, STD_v(z)\} \quad \dots(20)$$

P_{vm} : m번째 채널에서 형상변화량 (m : 1,...,M)

M : 형상 검출기의 채널수

STD_v(z) : V번째 형상전형예에 있어서의 각 표준형상패턴의 구성비율

v : 형상전형예의 번호(v=1,...,G)

G : 형상전형예의 갯수

z : 표준형상패턴의 번호(z=1,...,20)

조작전형예 격납기구(38)에서는 압연중의 액츄에이터의 조작량과 그때의 형상변화량을 제12도에 나타난 표준형상패턴으로 분류했을 때의 구성비율을 쌍으로 한 데이터를 조작전형예로서 복수개 격납해둔다.

S번째 액츄에이터를 조작량(ACT(s))만큼 조작했을때의 형상변화를 표준형상패턴으로 분류했을 때의 각 패턴의 구성비율을 상기와 같이 STD(z)로 하고 조작전형예(w)를 다음의 (21)식으로 정의한다.

$$w = \{ACT_w(s), STD_w(z)\} \quad \dots(21)$$

ACT_w(s) : W번째의 조작전형예에 있어서의 액츄에이터의 조작량

STD_w(z) : W번째의 조작전형예에 있어서의 각 표준형상패턴의 구성비율

w : 조작전형예의 번호(w=1,...,H)

H : 조작전형예의 유효수

z : 표준형상패턴의 번호(z=1,...,20)

패턴인식기구(40)에서는 제1실시예와 똑같이 형상편차 계산기구(36)로 계산된 실적형상과, 목표형상 발생기구(34)에서 입력되는 목표형상과의 편차를 산출하고, 그 실적형상편차에 대하여 조작전형예의 형상변화량과의 유사도를 산출한다. 상기 실적형상편차와 V번째의 형상전형예의 형상편차패턴과의 유사도를 R₁(v)으로 한다. 다만 유사도는 유사성이 높을수록 큰 값을 취하도록 정의한다. 형상전형예의 구성비율을 산출한 유사도에 따라서 무게를 쟀다. Z번째의 표준형상패턴의 구성비율(WSTD_v(z))은 다음의 (22)식으로 주어진다.

$$WSTD_v(z) = \frac{\sum_{v=1}^G R_1(v) \cdot STD_v(z)}{\sum_{v=1}^G R_1(v)} \quad \dots(22)$$

다음으로 가중된 상기 구성비율(WSTD_v(z))과 조작전형예의 구성비율의 유사도를 산출한다. 가중된 형상전형예의 구성비율(WSTD_v(z))과 W번째의 조작전형예의 구성비율(STD_w(z))의 유사도를 R₂(w)로 한다. 다만 유사도는 유사성이 높을수록 큰 값을 취하도록 정의한다. 그리고 산출한 유사도에 따라서 조작전형예의 S번째 액츄에이터 조작량(ACT_w(s))의 가중을 실시하고, S번째 액츄에이터 조작량(ACT(s))을 다음의 (23)식으로 산출한다.

$$ACT(s) = \sum_{w=1}^M R2(w) \cdot ACTw(s) / \sum_{w=1}^M R2(w0) \quad \dots(23)$$

이상과 같이 산출한 조작량을 기초로 하여 상기 제1실시예의 경우와 똑같이 액추에이터의 조작을 실시하고 스트립의 형상을 제어한다.

또 똑같이 형상전형예 및 조작전형예의 작성, 유지, 연산을 반경기저함수형 뉴럴 네트워크를 이용하여 실시하고, 또한 압연중의 액추에이터조작과, 상기 조작에 의한 형상변환데이터를 이용하여 조작전형예(뉴럴 네트워크의 중간유닛)의 수정, 추가를 실시한다.

이하 제3발명에 관련되는 제3실시예에 대하여 설명한다.

제16도는 제3발명에 의한 제3실시예의 형상제어 초기설정처리에 있어서의 데이터의 흐름의 한 예를 나타내는 블록선도이다. 형상검출기(28)의 출력은 형상데이터 처리기구(32)에 의하여 데이터처리되어 형상데이터(형상지표값)가 되고 항상 형상데이터 축적기구(134)에 축적된다. 여기에서 형상데이터로서 스트립폭방향의 신장률분포(스트립폭방향으로 M채널(1<M)로 분할한다)를 이용하는 것으로 한다.

똑같이 압연조건데이터는 압연조건데이터 축적기구(136)에, 형상조작단데이터는 형상데이터조작단 축적기구(138)에 축적되어 있다.

여기에서 본 실시예에서는 압연조건은 스트립폭, 예측압연하중, 워크를 직경으로하는데, 그밖에 압연조건으로서 강종류, 전체공정, 제품목표두께, 입구측 온도, 출구측 목표온도등을 첨가하는 것도 당연히 가능하다. 또 본 실시예에서는 형상조작단으로서 상부 백업롤의 에지위치, 상부 백업롤의 쿼터아웃위치, 상부 백업롤의 쿼터인위치, 하부 백업롤의 에지위치, 하부 백업롤의 쿼터위치, 중간롤벤더값으로 한다.

형상제어 실적데이터 축적기구(140)에서는 압연조건데이터 축적기구(136), 형상조작단데이터 축적기구(138), 형상데이터 축적기구(134)에 축적된 압연조건데이터, 형상조작단데이터 및 그때의 형상데이터를 조합하여 형상제어 실적데이터로서 축적한다. 전형데이터 추출기구(142)에서는 이 형상제어 실적데이터를 기초로 이들 데이터의 분포를 대표하는 전형적인 데이터(프로토 타입)를 추출한다. 얻어진 전형데이터는 전형데이터군 축적기구(144)에 축적된다. 각 데이터의 축적으로부터 전형데이터를 추출하여 축적하기까지를 「학습」이라 부르기로 한다. 이 학습은 충분한 데이터수가 모여 있으면 언제 실행해도 좋다.

압연조건 입력기구(146) 및 목표형상 입력기구(148)는 차스트립에 대해서도 각각 압연조건데이터 및 목표형상데이터(소망하는 형상)를 초기설정값 연산기구(150)에 입력한다. 초기설정값 연산기구(150)는 압연조건데이터와 목표형상데이터에 관하여 전형데이터군 축적기구(144)중의 전체전형데이터의 유사도를 구하고, 그 유사도에 따라서 전형데이터의 형상제어조작단 설정값을 합성하여 입력된 압연조건데이터와 목표형상데이터에 대한, 즉 차스트립에 대한 초기설정값을 산출한다. 초기설정값 출력기구(152)는 산출된 형상제어조작단 초기설정값을 출력한다. 이 부분의 기구를 아울러서 「연산」이라 부르기로 한다.

이후 초기설정값 출력기구(152)가 출력한 값에 의해 형상제어조작단의 초기설정을 실시하고 차스트립의 압연을 개시한다.

또 제17도는 압연조건데이터와 형상제어조작단 설정값으로부터 형상예측값을 구할때의 데이터의 흐름을 나타내는 블록선도이다. 형상데이터 역산기구(154)는 압연조건데이터와 형상제어조작단 설정값에 대하여 「학습」에 의하여 작성한 전형데이터군 축적기구(144)중의 전형데이터의 압연조건데이터 및 형상제어조작단 설정값에 관해서 유사도를 구하고, 그 유사도에 따라서 형상데이터를 산출한다. 이 형상데이터는 상기 압연조건데이터 및 상기 형상제어조작단 설정값으로 압연했을때에 얻어질 예측형상에 상당한다.

이하 「학습」과 「연산」에 대하여 상세하게 설명한다.

형상제어 실적데이터가 전부 J개 있다고 할때 j번째의 형상제어 실적데이터(Dj)를 다음의 (24)식으로 정의한다.

$$D_j = \{S_{mj}, A_{1j}, A_{2j}, A_{3j}, B_{1j}, B_{2j}, B_{3j}, B_{4j}, B_{5j}, B_{6j}\} \quad \dots(24)$$

다만 여기에서 각 변수의 의미는 다음과 같다.

(형상데이터)

S_{mj} : 스트립폭방향의 m채널의 신장률($m=1, \dots, M$)

M : 형상 검출기의 유효채널수

(압연조건데이터)

A_{1j} : 스트립폭

A_{2j} : 예측압연하중

A_{3j} : 워크를의 직경

(형상조작단 설정값)

B_{1j} : 상부 백업롤의 에지위치

B_{2j} : 상부 백업롤의 쿼터아웃위치

B_{3j} : 상부 백업롤의 쿼터인위치

B4j : 하부 백업률의 예지위치

B5j : 하부 백업률의 쿼터위치

B6j : 중간률벤더값

전형데이터 추출기구(142)에서는 이 형상제어 실적데이터 $\{D_j | 1 < j \leq J\}$ 를 기초로 이 데이터의 분포를 대표하는 전형적인 데이터(프로토타입)를 추출한다. 이 「학습」의 한 실시예는 제18도에 나타내는 바와 같은 네트워크구조로 나타낼 수 있다. 즉 D_j 의 각 요소 $\{S_{mj}, A_{1j}, A_{2j}, A_{3j}, B_{1j}, B_{2j}, B_{3j}, B_{4j}, B_{5j}, B_{6j}\}$ 가 입력되는 입력유닛과, 전형데이터에 상응하는 프로토타입유닛이 존재하고, 각 프로토타입유닛이 각 입력유닛과 가중의 결합을 하고 있다. 어떤 프로토타입유닛(P_k)과 각 입력유닛 $\{S_m, A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6\}$ 사이의 결합계수(무게)는 $\{P_{Smk}, PA_{1k}, PA_{2k}, PA_{3k}, PB_{1k}, PB_{2k}, PB_{3k}, PB_{4k}, PB_{5k}, PB_{6k}\}$ 이다. 이 경우 계수는 전형데이터의 각 속성값에 상당한다. 따라서 전형데이터의 추출은 이 프로토타입유닛의 작성을 하는 것으로 해석할 수 있다. 입력유닛에서는 입력데이터에 대하여 규격화등의 변환을 적절히 실시하는 것으로 한다.

프로토타입유닛의 작성은 이하의 순서로 실시한다.

(1) 입력유닛은 입력차원에 따라 위치되어진다.

본 예에서는 입력유닛수는 압연조건의 수가 3, 형상데이터의 수가 M, 형상제어조작단의 수가 6이기 때문에 $(9+M)$ 축이 된다. 처음에는 프로토타입유닛은 놓지 않는다. 또 계수(TH)를 정한다.

(2) 1번째의 형상제어 실적데이터(D_1)를 1번째의 프로토타입유닛의 결합계수(P_1)로 한다. 또 프로토타입유닛(P_1)의 카운터(C_1)를 1로 한다.

$$P_1=D_1$$

$$\text{즉 } \{P_{S_{m1}}, PA_{11}, PA_{21}, PA_{31}, PB_{11}, PB_{21}, PB_{31}, PB_{41}, PB_{51}, PB_{61}\}=\{S_m, 1,$$

$$A_{11}, A_{21}, A_{31}, B_{11}, B_{21}, B_{31}, B_{41}, B_{51}, B_{61}\}$$

$$C_1=1$$

(3) 2번째의 형상제어 실적데이터(D_2)에 대하여 프로토타입유닛(P_1)과의 거리(d)(D_2, P_1)를 구한다.

여기에서 이 거리는 다음의 (25)식으로 정의한다.

$$d(D_t, P_u)= \| D_t - P_u \|$$

$$= \left\{ \sum_{m=1}^M \left(S_{mt} - P_{S_{mu}} \right)^2 + A_{1t} - P_{A_{1u}} \right\}^2$$

$$+ (A_{2t} - P_{A_{2u}})^2 + (A_{3t} - P_{A_{3u}})^2$$

$$+ (B_{1t} - P_{B_{1u}})^2 + (B_{2t} - P_{B_{2u}})^2$$

$$+ (B_{3t} - P_{B_{3u}})^2 + (B_{4t} - P_{B_{4u}})^2$$

$$+ (B_{5t} - P_{B_{5u}})^2 + (B_{6t} - P_{B_{6u}})^2 \}^{1/2}$$

.....(25)

(3-a) $d(D_2, P_1) > TH$ 인때

2번째의 형상제어 실적데이터(D_2)를 2번째의 프로토타입유닛의 결합계수(P_2)로 한다. 또 프로토타입유닛(P_2)의 카운터(C_2)를 1로 한다.

$$P_2=D_2$$

$$C_2=1$$

(3-b) $d(D_2, P_1) \leq TH$ 인때

1번째의 프로토타입유닛(P_1)의 결합계수를 수정한다.

다만 여기에서 수정후의 프로토타입(P 1 new)은, $P1_{new}=(C1 \cdot P1+D2)/(C1+1)$ 로 한다. 또 프로토타입유닛(P1)의 카운터(C1)에 1을 첨가한다.

$$C1_{new}=C1+1$$

(4) 똑같이 j번째의 형상제어 실적데이터(Dj)에 대하여 지금까지 작성된 프로토타입유닛 전체와의 거리를 구하고 최소거리로 되는 프로토타입유닛(Pk)을 선택한다.

(4-a) $d(Dj, Pk) > TH$ 인때

j번째의 형상제어 실적데이터(Dj)의 (k+1)번째의 프로토타입유닛의 결합계수(P_{k+1})로 한다. 또 프로토타입유닛(P_{k+1})의 카운터(C_{k+1})를 1로 한다.

$$P_{k+1}=Dj$$

$$C_{k+1}=1$$

(4-b) $d(Dj, Pk) \leq TH$ 인때

프로토타입유닛(Pk)의 결합계수를 수정한다. 다만 여기에서 수정후의 프로토타입유닛(P_{knew})은, $P_{knew} = \{C_k \cdot Pk + Dj\} / (C_k + 1)$ 로 한다. 또 프로토타입유닛(Pk)의 카운터(C_k)에 1을 첨가한다.

$$C_{knew}=C_k+1$$

(5) 이상을 전체형상제어 실적데이터 $\{Dj \mid 1j \leq J\}$ 에 대하여 실시함으로써 K개의 프로토타입유닛의 결합계수는 전형데이터의 속성값에 상당하고 있기때문에 K개의 전형데이터가 추출되게 된다. 이때 K개의 전형데이터중 k번째의 데이터를 p_k 로 하면, P_k 는 다음의 (26)식으로 나타내어진다.

$$P_k = \{PS_{mk}, PA1k, PA2k, PA3k, PB1k, PB2k, PB3k, PB4k, PB5k, PB6k\} \quad \dots(26)$$

다만 여기에서 각 변수의 의미는 다음과 같다.

(형성데이터)

PS_{mk} : 스트립폭방향의 m채널의 신장률

(압연조건데이터)

$PA1k$: 스트립폭

$PA2k$: 예측압연하중

$PA3k$: 워크롤직경

(형성조작단 설정값)

$PB1k$: 상부 백업롤의 에지위치

$PB2k$: 상부 백업롤의 쿼터아웃위치

$PB3k$: 상부 백업롤의 쿼터인위치

$PB4k$: 하부 백업롤의 에지위치

$PB5k$: 하부 백업롤의 쿼터위치

$PB6k$: 중간롤벤더값

여기에서 $PS_k = \{PS_{mk}\}$

$PA_k = \{PA1k, PA2k, PA3k\}$

$PB_k = \{PB1k, PB2k, PB3k, PB4k, PB5k, PB6k\}$

로 놓는다.

다음으로 「연산」에 대하여 제19도의 연산의 예를 나타내는 네트워크도에 따라서 설명한다. 「연산」에서는 차스트립의 압연조건, 목표형상에 대하여 전형데이터와의 유사도를 구하고, 그 유사도에 따른 형상조작단 설정량을 산출한다. 따라서 제19도에서는 압연조건데이터와 목표형상데이터가 입력되고 프로토타입유닛을 경유하여 형상제어조작단 설정값이 출력된다.

차스트립의 압연조건, 목표형상을 각각 압연조건 : $XA = \{XA1, XA2, XA3\}$ 다만 $XA1$: 스트립폭, $XA2$: 예측압연하중, $XA3$: 워크롤직경, 또 목표형상 : $XS = \{XS_{ma}\}$, 다만 XS_m : 스트립폭방향의 m채널의 신장률로 하고 구하고 싶은 형상조작단 설정량을 다음의 (27)식으로 나타낸다.

형상조작단 설정값 : $XB = \{XB1k, XB2k, XB3k,$

$XB4k, XB5k, XB6k\} \quad \dots(27)$

$XB1$: 상부 백업롤의 에지위치

$XB2$: 상부 백업롤의 쿼터아웃위치

XB3 : 상부 백업률의 쿼터인위치
 XB4 : 하부 백업률의 예지위치
 XB5 : 하부 백업률의 쿼터위치
 XB6 : 중간률벤더값

우선 차스트립의 압연조건(XA)과 목표형상(XS)과, 전체프로토타입유닛(전형데이터)에 대하여 압연조건(PAk)과 형상(PSk)의 유사도를 다음의 (28)식으로 나타내어지는 거리 $d1(X, Pk)$ 로 정의한다.

$$d1(X, Pk) = \|XA - PAk\| + \|XS - PSk\|$$

$$+ \{(XA1 - PA1k)^2 + (XA2 - PA2k)^2$$

$$+ (XA3 - PA3k)^2 + \sum_{m=1}^M (Sm - PSmk)^2\}^{1/2}$$

$$\dots\dots(28)$$

이 거리 $d1(X, Pk)$ 가 프로토타입유닛(Pk)에 대한 입력으로 된다. 이때의 프로토타입유닛(Pk)의 출력(PY1k)을 다음의 (29)식으로 정의한다.

$$PY1k = f(d1(X, Pk)) \dots(29)$$

다만 $f(\cdot)$ 는 프로토타입유닛의 입출력함수이고 거리가 작을수록(유사도가 클수록) 큰 값이 되도록, 예를 들면,

$$f(x) = \exp(-x^2/2\sigma^2)$$

(다만 σ =정수)

와 같은 가우스형의 함수로 한다.

형상조작단 설정량(XB)은 전형패턴과의 유사도에 따라서 산출한다. 즉 프로토타입유닛의 출력(PY1k)에 따라서 프로토타입유닛의 결합계수(PBk)를 합성한 것이 형상조작단 설정량(XB)의 출력이 된다. 따라서 다음의 (30)식의 성립한다.

$$XB = \sum_{k=1}^K (PBk \cdot PY1k) / \sum_{k=1}^K PY1k \dots\dots(30)$$

여기서,

$$XB = \{XB1, XB2, XB3, XB4, XB5, XB6\}$$

$$PBk = \{PB1k, PB2k, PB3k, PB4k, PB5k, PB6k\}$$

이와 같이 형상조작단 설정량을 산출할 수 있다. 다만 「학습」인때에 입력데이터에 대하여 규격화등의 변환이 실시되고 있는 경우는 출력값에 대하여 반대의 변환을 실시하는 것으로 한다.

다음으로 압연조건과 형상조작단 설정량에서 예측형상을 구하는 「역산」에 대하여 제20도의 역산을 나타내는 네트워크도에 따라서 설명한다. 「역산」의 모드에서는 차후스트립의 압연조건, 형상조작단 설정량에 대하여 전형데이터와 유사도를 구하고, 그 유사도에 따른 형상값을 산출한다. 따라서 제20도에서는 압연조건데이터와 형상제어조작데이터가 입력되고, 프로토타입유닛을 경유하여 형상데이터가 출력된다.

차후스트립의 압연조건(XA), 형상제어조작단(XB) 및 구하고 싶은 예측형상을 각각 다음의 (31), (32), (33)식에 의해 정한다.

$$\text{압연조건} : XA = \{XA1, XA2, XA3\} \dots(31)$$

여기서 XA1 : 스트립폭

XA2 : 예측압연하중

XA3 : 워크롤직경

$$\text{형상조작단 설정량} : XB = \{XB1k, XB2k, XB3k, XB4k, XB5k, XB6k\} \dots(32)$$

여기서 XB1 : 상부 백업롤의 에지위치

XB2 : 상부 백업롤의 쿼터아웃위치

XB3 : 상부 백업롤의 쿼터인위치

XB4 : 하부 백업롤의 에지위치

XB5 : 하부 백업롤의 쿼터위치

XB6 : 중간롤벤더값

형상 : $XS = \{XS_m\}$... (33)

다만 XS_m : 스트립폭방향의 m채널의 신장률

압연조건(XA)과 형상제어조작단(XB)과 전체프로토타입유닛(전형데이터)에 대하여 압연조건(PA_k)과 형상제어조작단(XB_k)의 유사도를 다음의 (34)식으로 나타내어지는 거리 ($d_2(X, P_k)$)로 정의한다.

$$\begin{aligned}
 d_2(X, P_k) &= \|XA - PA_k\| + \|XB - PB_k\| \\
 &= \{(XA_1 - PA_{1k})^2 + (XA_2 - PA_{2k})^2 \\
 &\quad + (XA_3 - PA_{3k})^2 + (XB_1 - PB_{1k})^2 \\
 &\quad + (XB_2 - PB_{2k})^2 + (XB_3 - PB_{3k})^2 \\
 &\quad + (XB_4 - PB_{4k})^2 + (XB_5 - PB_{5k})^2 \\
 &\quad + (XB_6 - PB_{6k})^2\}^{1/2} \quad \dots (34)
 \end{aligned}$$

이 거리 $d_2(X, P_k)$ 가 프로토타입유닛(P_k)에 대한 입력으로 된다. 이때의 프로토타입유닛(P_k)의 출력(PY_2k)을 다음의 (35)식과 같이 정한다.

$$PY_2k = f(d_2(X, P_k)) \quad \dots (35)$$

여기서 $f(\cdot)$ 는 프로토타입유닛의 입출력함수이고 거리가 작을수록(유사도가 클수록) 큰 값이 되도록, 예를 들면,

$$f(x) = \exp(-x^2/2\sigma^2)$$

(다만 σ : 정수)

과 같은 가우스형의 함수로 한다.

형상(XS)은 전형패턴과의 유사도에 따라서 산출한다. 즉 프로토타입유닛의 출력(PY_2k)에 따라서 프로토타입유닛의 결합계수(PS_k)를 합성한 것이 형상조작단 설정량(XS)의 출력으로 된다. 따라서 다음의 (36)식이 성립한다.

$$XS = \sum(PS_k \cdot PY_2k) / \sum PY_2k \quad \dots (36)$$

여기서 $XS = \{XS_m\}$

XS_m : 스트립폭방향의 m채널의 신장률

$PS_k = \{PS_{mk}\}$

PS_{mk} : k번째의 전형데이터의 스트립폭방향의 m채널의 신장률로 한다.

이와 같이 예측형상을 역산할 수 있다. 다만 학습인때에 입력데이터에 대하여 규격화하는 등의 변환이 실시되고 있는 경우는 출력값에 대하여 반대의 변환을 실시하는 것으로 한다.

제3실시예에서는 유사도로서 유클리드거리를 이용했지만 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니다.

또 제3실시예는 형상데이터(형성지표값)로서 스트립폭방향의 신장률분포를 이용하고 있는데 이를 스트립폭으로 규격화하여 채널수를 일정하게 한 것을 사용하는 것도 가능하다.

또 초기설정에서 이용하는 형상조작단이 스트립폭에 대하여 움직임에 한정되는 경우 형상데이터로서 비대칭성분을 제거하여 대칭성분만을 사용하는 것도 가능하다. 비대칭성분의 제거방법으로서, 예를 들면 형상

데이터를 m 차항수에서 근사하고 비대칭성분인 기수의 차수(1차,3차등)의 항을 제하는 방법등이 있다.

또 「학습」에 이용하는 데이터로서 실적데이터만이 아니라 압연의 물리현상을 모델화하여 압연조건과 형상제어 설정량으로부터 형상데이터를 의사적으로 계산한 데이터를 첨가하는 것도 가능하다. 이에 따라 실적데이터를 충분히 수집할 수 없는 경우에도 본 발명을 정밀도 좋게 이용하는 것이 가능해진다.

또한 역산으로 구한 예측형상과 실제로 압연하여 측정되었을때의 실적형상데이터의 오차를 조사하고 오차가 클때에 재학습하는 것으로 정밀도의 유지가 가능하게 된다.

이상 본 발명에 대하여 구체적으로 설명했는데, 본 발명은 상기 실시예에 나타난 것에 한정되는 것은 아니고, 그 요지를 일탈하지 않는 범위에서 여러가지로 변경 가능하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

스트립의 형상을 검출하는 형상검출기와 형상제어용 액츄에이터를 구비하는 압연기에서, 상기 형상검출기의 출력값을 기초로 하여 상기 형상제어용 액츄에이터를 조작함으로써 상기 스트립의 형상을 제어하는 방법에 있어서, 상기 형상제어용 액츄에이터의 조작량과 상기 조작량에 대응하는 스트립의 형상 변화량을 쌍으로 한 데이터를 조작전형예로서 복수개 준비하고, 상기 형상검출기에서 검출한 스트립의 실적형상과 목표형상의 차이인 실적형상편차와, 상기 조작전형예의 형상변화량의 유사도를 산출하고, 산출한 상기 유사도에 따라서 상기 조작전형예의 액츄에이터 조작량을 가중하고, 가중된 상기 액츄에이터의 조작량을 기초로 하여 형상제어 액츄에이터를 조작하는 것을 특징으로 하는 압연기에 있어서의 스트립 형상제어방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 조작전형예의 작성, 유지, 연산을 반경기저함수형 뉴럴 네트워크를 이용하여 실시하는 것을 특징으로 하는 압연기에 있어서의 스트립 형상제어방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 압연중의 액츄에이터조작과 상기 형상제어 액츄에이터 조작에 의한 형상변화의 데이터를 실적데이터로서 축적하고, 실적 데이터를 사용하여 임의의 시간동안 조작전형예의 수정, 추가등의 갱신을 실시하는 것을 특징으로 하는 압연기에 있어서의 스트립 형상제어방법.

청구항 4

스트립의 형상을 검출하는 형상검출기와, 형상제어 액츄에이터를 구비하는 압연기에서 상기 형상검출기의 출력값을 기초로 하여 상기 형상제어 액츄에이터를 조작함으로써 상기 스트립의 형상을 제어하는 방법에 있어서, 스트립의 형상변화와, 상기 형상변화를 미리 정해놓은 표준형상패턴으로 분해했을때의 구성비율을 쌍으로 한 데이터를 형상전형예로서 복수개 준비하고, 상기 형상제어용 액츄에이터의 조작량과, 상기 조작량에 대응하는 스트립의 형상변화를 표준형상패턴으로 분해했을때의 구성비율을 쌍으로 한 데이터를 조작전형예로서 복수개 준비하고, 상기 형상검출기에서 검출한 스트립의 실적형상과 목표형상의 차이인 실적형상편차와, 상기 형상전형예의 형상변화의 유사도를 산출하고, 산출한 상기 유사도에 따라서 상기 형상전형예의 구성비율을 가중하고, 가중된 상기 구성비율과 상기 조작전형예의 구성비율의 유사도를 출하고, 산출한 상기 유사도에 따라서 상기 조작전형예의 액츄에이터조작량을 가중하고, 가중된 상기 액츄에이터의 조작량을 기초로 하여 형상수정용 액츄에이터를 조작하는 것을 특징으로 하는 압연기에 있어서의 스트립 형상제어방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 형상전형예 및 조작전형예의 작성, 유지, 연산을 반경기저함수형 뉴럴 네트워크를 이용하여 실시하는 것을 특징으로 하는 압연기에 있어서의 스트립 형상제어방법.

청구항 6

제4항에 있어서, 압연중의 형상제어 액츄에이터 조작과 상기 형상제어 액츄에이터의 조작에 의한 형상변화의 데이터를 실적데이터로서 축적하고, 실적 데이터를 사용하여 임의의 시간동안 형상전형예 및 조작전형예의 수정, 추가등의 갱신을 실시하는 것을 특징으로 하는 압연기에 있어서의 스트립 형상제어방법.

청구항 7

스트립의 형상을 제어하는 조작단을 상기 스트립을 압연하기 전에 미리 설정하는 압연기의 스트립 형상제어방법에 있어서, 스트립의 압연조건, 형상조작단의 설정값, 스트립의 형상지표값의 쌍을 형상제어 실적데이터로 하여 과거의 압연실적에 의한 형상제어 실적데이터군으로부터 복수의 전형적인 형상제어 실적데이터를 추출하여 형상제어 표준데이터군으로서 유지하고, 압연전에 스트립의 압연조건과, 목표로 하는 형상지표값을 제공하는 것에 의해 상기 압연조건과 형상지표값에 대하여 형상제어 표준데이터의 유사도를 구하고, 상기 유사도에 따라서 형상제어 표준데이터의 형상조작단 설정값을 합성하여 산출하는 것에 의해, 형상조작단의 초기설정값으로 하는 것을 특징으로 하는 압연기에 있어서의 스트립 형상제어방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 복수의 전형적인 형상제어 실적데이터의 추출, 형상제어 표준데이터군으로서의 유지, 압연전에 주어진 스트립의 압연조건과 형상지표값, 목표값의 조합과, 형상제어 표준데이터와의 유사도의 연산 및 형상조작단 설정값의 합성연산을 반경기저함수형 뉴럴 네트워크를 이용하여 실시하는 것을 특징으로 하는 압연기에 있어서의 스트립 형상제어방법.

청구항 9

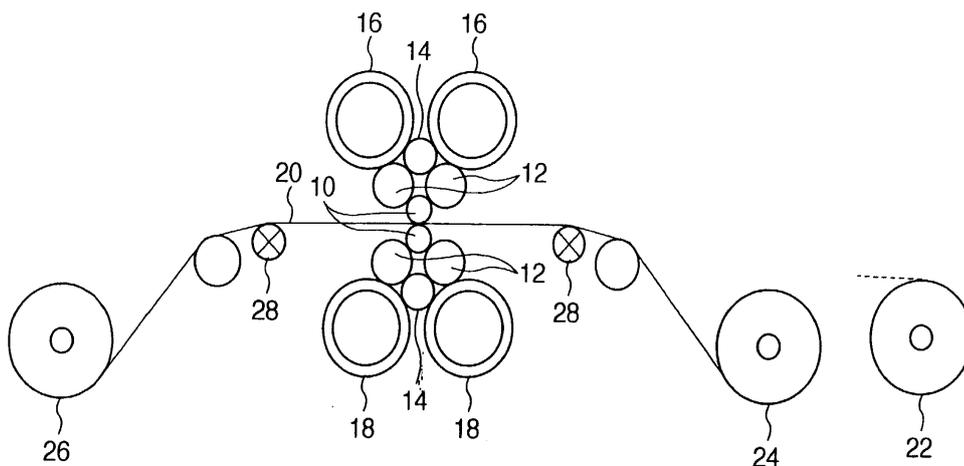
제7항에 있어서, 상기 압력조건과 형상조작단 설정값에 대하여 형상제어 표준데이터와의 유사도를 구하고, 상기 유사도에 따라서 형상제어 표준데이터의 형상지표값을 합성하여 산출하고, 실제로 압연하여 측정된 실적형상의 지표값과의 오차가 어떤 일정한값 이상으로 커졌을때 새로운 압연실적을 첨가한 형상제어 실적데이터군으로부터 복수의 전형적인 형상제어 실적데이터를 추출하여 형상제어 표준데이터군으로 유지하는 것을 특징으로 하는 압연기에 있어서의 스트립 형상제어방법.

청구항 10

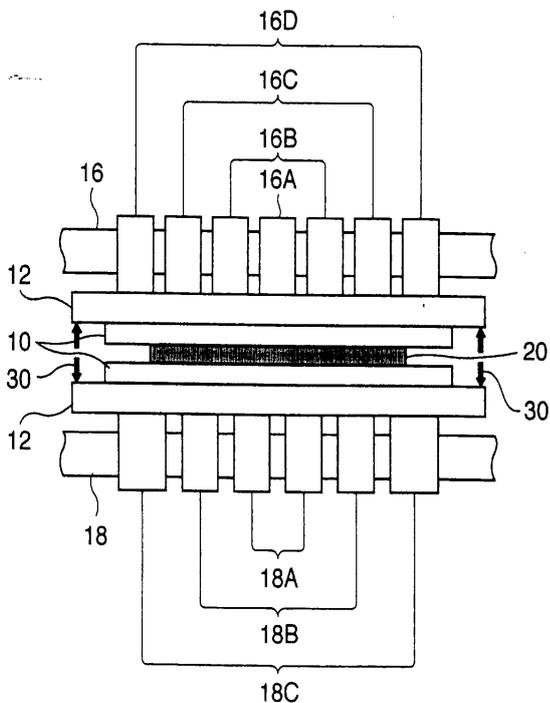
제9항에 있어서, 복수의 전형적인 형상제어 실적데이터의 추출, 형상제어 표준데이터의 유지, 압연전에 주어진 스트립의 압연조건과 형상지표값, 목표값의 조합과, 형상제어 표준데이터의 유사도의 연산 및 형상조작단 설정값의 합성연산을 반경기저함수형 뉴럴 네트워크를 이용하여 실시하는 것을 특징으로 하는 압연기에 있어서의 스트립 형상제어방법.

도면

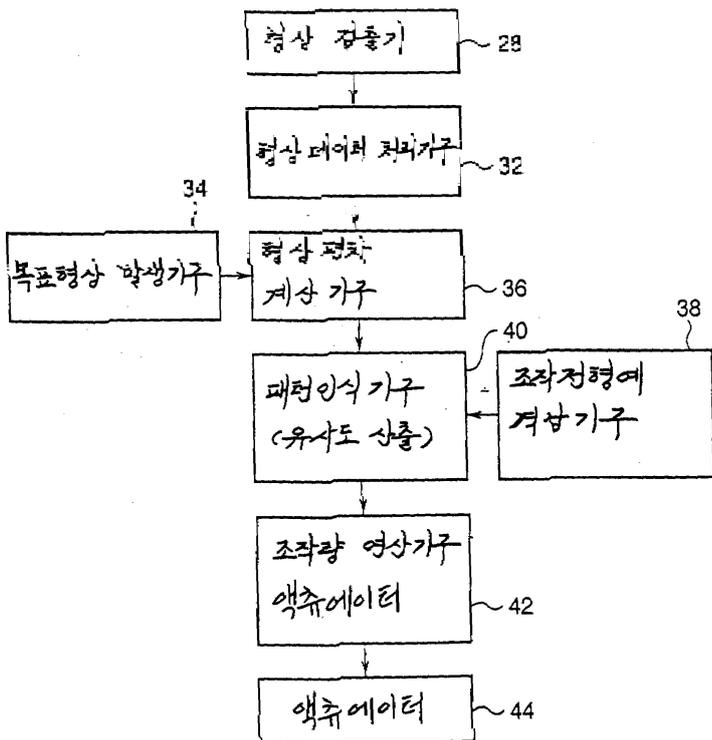
도면1



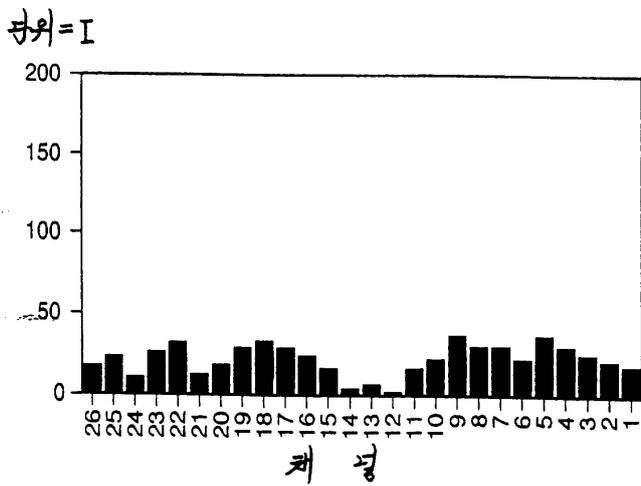
도면2



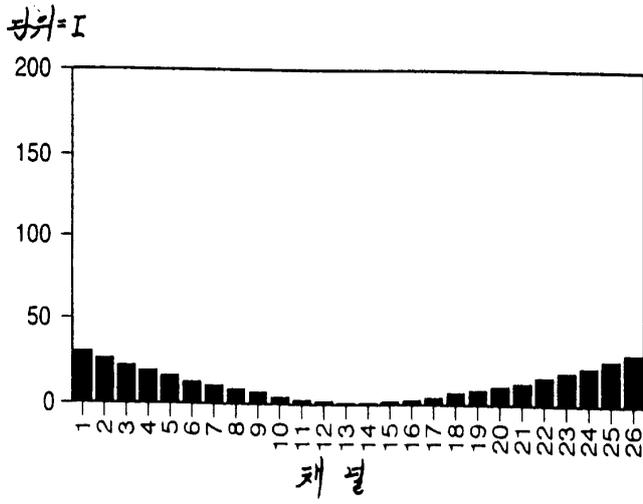
도면3



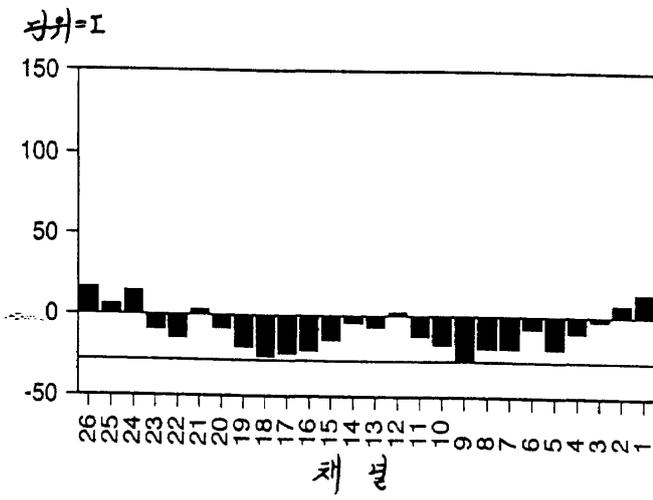
도면4



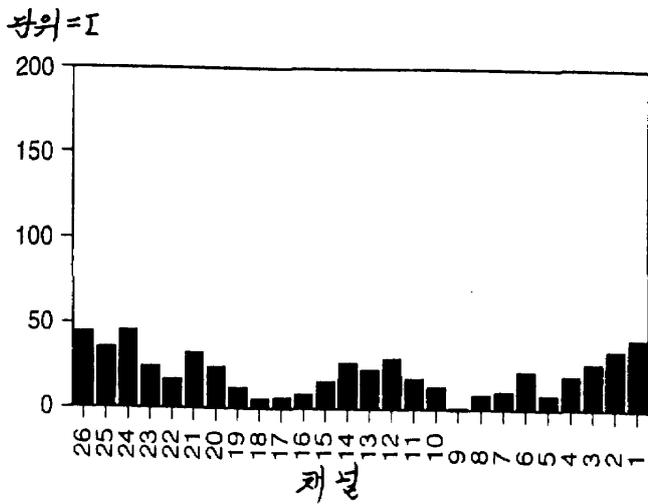
도면5



도면6a



도면6b



도면7

	형상 편차 패턴	액츄에이터 조작량
조작 정형예 1	<p>편위: I</p>	<p>상부 백업물</p> <p>에지부 압하: UEG(1)</p> <p>쿼터아웃부 압하: UQQ(1)</p> <p>쿼터인부 압하: UQI(1)</p> <p>벤더: BD(1)</p> <p>압하 레벨링: L(1)</p>
조작 정형예 2	<p>편위: I</p>	<p>상부 백업물</p> <p>에지부 압하: UEG(2)</p> <p>쿼터아웃부 압하: UQQ(2)</p> <p>쿼터인부 압하: UQI(2)</p> <p>벤더: BD(2)</p> <p>압하 레벨링: L(2)</p>

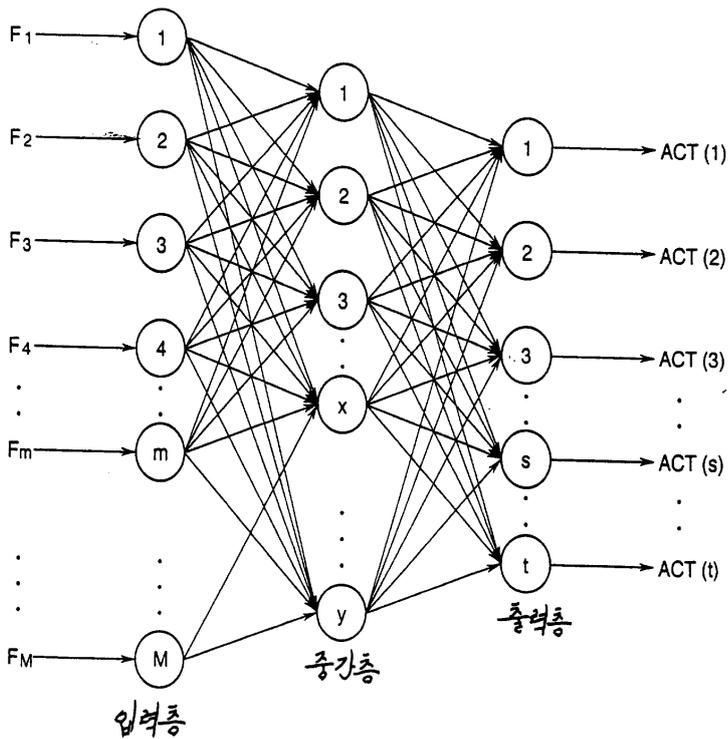
도면8

	형상 편차 패턴	액츄에이터 조작량
조작 정형예 1	<p>편위: I</p>	<p>상부 백업물</p> <p>에지부 압하: UEG(3)</p> <p>쿼터아웃부 압하: UQQ(3)</p> <p>쿼터인부 압하: UQI(3)</p> <p>벤더: BD(3)</p> <p>압하 레벨링: L(3)</p>
조작 정형예 2	<p>편위: I</p>	<p>상부 백업물</p> <p>에지부 압하: UEG(4)</p> <p>쿼터아웃부 압하: UQQ(4)</p> <p>쿼터인부 압하: UQI(4)</p> <p>벤더: BD(4)</p> <p>압하 레벨링: L(4)</p>

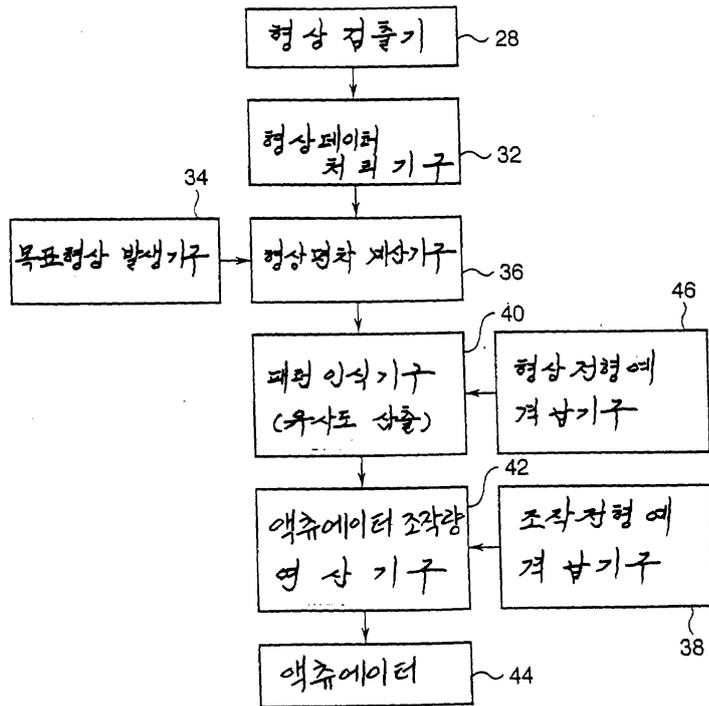
도면9

	형상 편차 패턴	액츄에이터 조작량
조작 전형예 1		상부 백업률 에지부 압하 = UE _G (5) 쿼터아웃부 압하 = UQQ (5) 쿼터인부 압하 = UQI (5) 변 터 = BD (5) 압하 레벨링 = L (5)
조작 전형예 2		상부 백업률 에지부 압하 = UE _G (6) 쿼터아웃부 압하 = UQQ (6) 쿼터인부 압하 = UQI (6) 변 터 = BD (6) 압하 레벨링 = L (6)

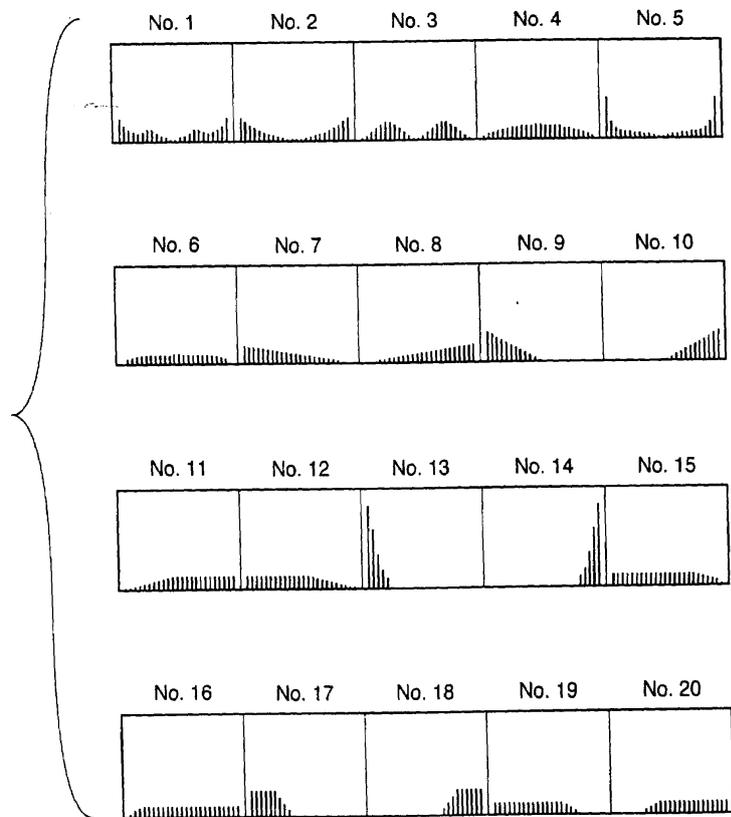
도면10



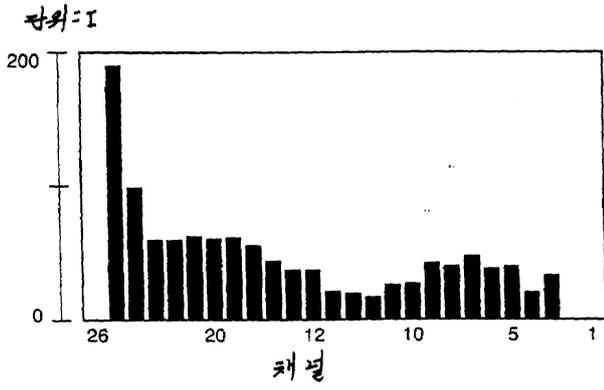
도면11



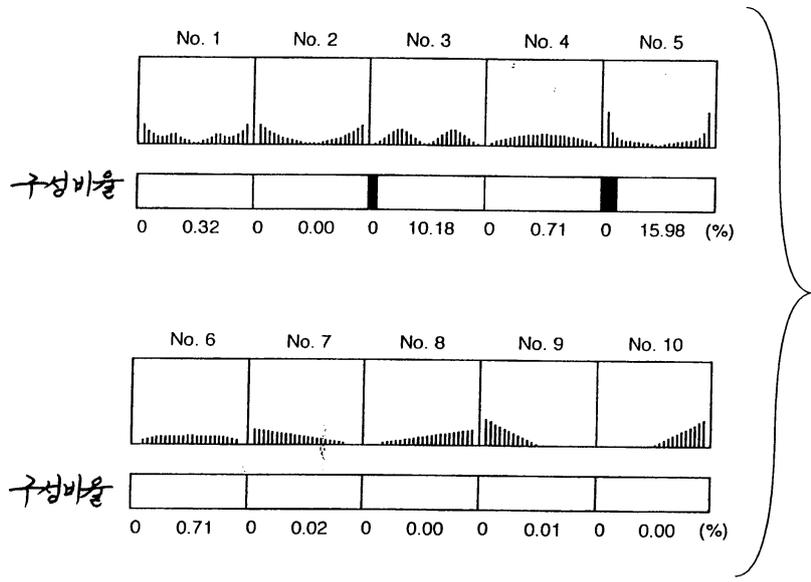
도면12



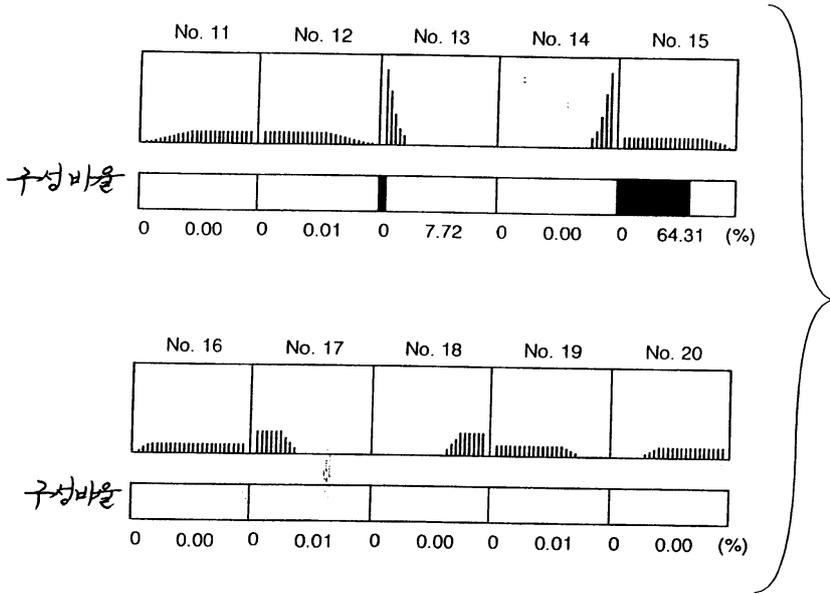
도면 13



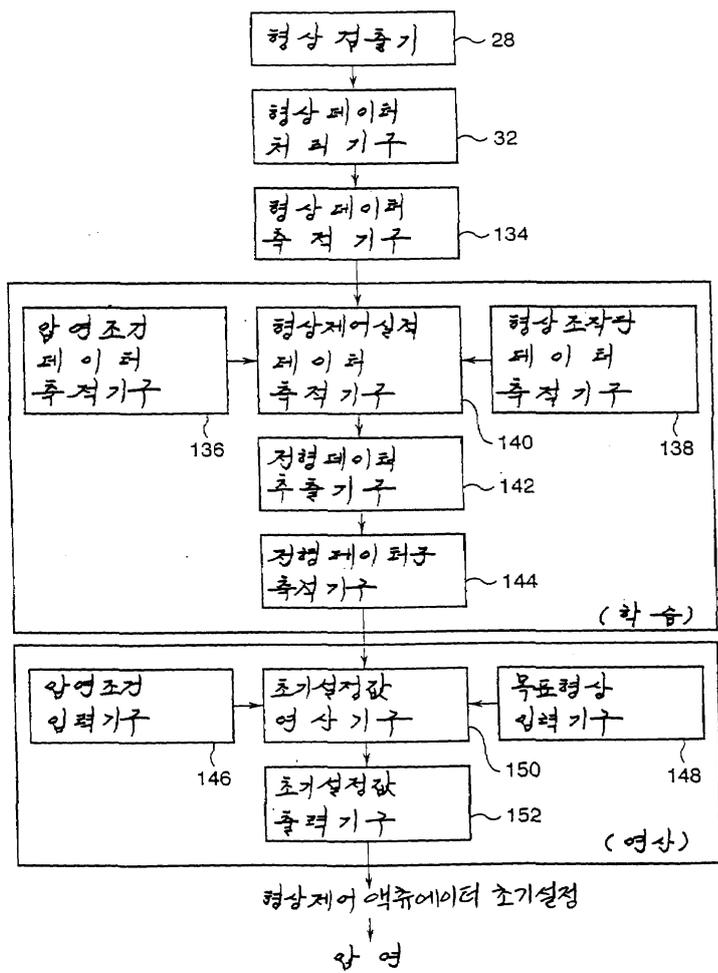
도면 14



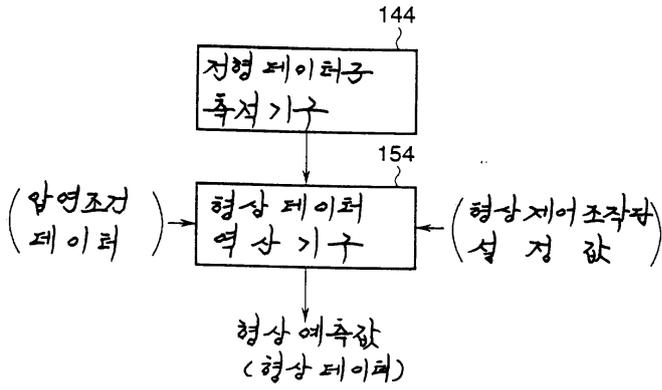
도면15



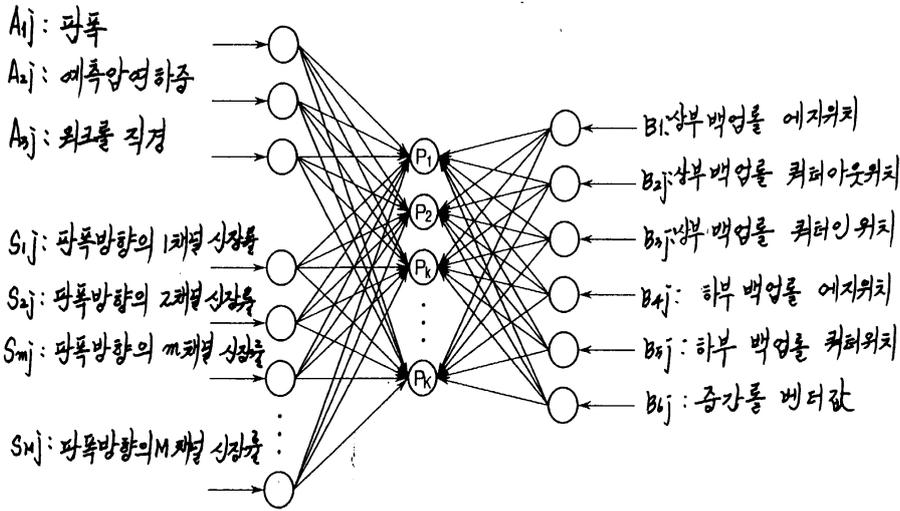
도면16



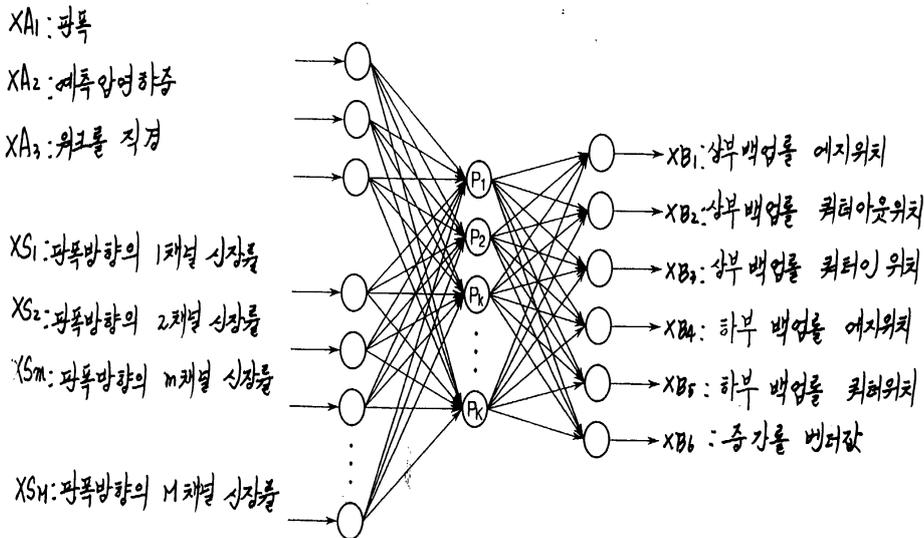
도면17



도면18



도면19



도면20

ρ_1 : 판폭

XA_2 : 여유압역하중

XA_3 : 위크롤 직경

XS_1 : 판폭방향의 1차원 신장률

XS_2 : 판폭방향의 2차원 신장률

XS : 판폭방향의 3차원 신장률

XS_M : 판폭방향의 M차원 신장률

