



후판_자료조사

데이터 분석

scale : 스케일(산화철) 불량 여부를 나타내는 변수, 스케일은 후판에 생기는 산화철 층으로, 스케일이 발생하면 제품의 품질이 저하될 수 있다.

SCALE불량	plate_no	ID	범주형	Plate번호	Nominal
SCALE불량	rolling_date	날짜	연속형	열연작업시각	Datetime
SCALE불량	scale	목표변수	범주형	Scale(산화철) 불량	Binary
SCALE불량	spec_long	설명변수	범주형	제품 규격	Nominal
SCALE불량	spec_country	설명변수	범주형	제품 규격 기준국	Nominal
SCALE불량	steel_kind	설명변수	범주형	강종	Nominal
SCALE불량	pt_thick	설명변수	연속형	Plate(후판) 지시두께(mm)	Interval
SCALE불량	pt_width	설명변수	연속형	Plate(후판) 지시폭(mm)	Interval
SCALE불량	pt_length	설명변수	연속형	Plate(후판) 지시길이(mm)	Interval
SCALE불량	hsb	설명변수	범주형	HSB(Hot Scale Braker)적용여부	Binary
SCALE불량	fur_no	설명변수	범주형	가열로 호기	Nominal
SCALE불량	fur_input_row	설명변수	범주형	가열로 장입열	Nominal
SCALE불량	fur_heat_temp	설명변수	연속형	가열로 가열대 소재온도(°C)	Interval
SCALE불량	fur_heat_time	설명변수	연속형	가열로 가열대 재로시간(분)	Interval
SCALE불량	fur_soak_temp	설명변수	연속형	가열로 균열대 소재온도(°C)	Interval
SCALE불량	fur_soak_time	설명변수	연속형	가열로 균열대 재로시간(분)	Interval
SCALE불량	fur_total_time	설명변수	연속형	가열로 총 재로시간(분)	Interval
SCALE불량	fur_ex_temp	설명변수	연속형	가열로 추출온도(°C,계산치)	Interval
SCALE불량	rolling_method	설명변수	연속형	압연방법	Interval
SCALE불량	rolling_temp	설명변수	범주형	압연온도(°C)	Binary
SCALE불량	descaling_count	설명변수	연속형	압연Descaling 횟수	Interval
SCALE불량	work_group	설명변수	범주형	작업조	Nominal

- **plate_no**: 각 강판의 고유 번호.
- **rolling_date**: 강판이 압연된 날짜와 시간.
- **scale**: 불량 여부를 나타내며, "양품"과 같은 값이 포함되어 있음.
- **spec_long**: 강판의 규격을 나타내는 코드.
- **spec_country**: 강판이 사용될 국가.
- **steel_kind**: 강판의 철강 종류.

- **pt_thick**: 강판의 두께 (단위: mm).
- **pt_width**: 강판의 너비 (단위: mm).
- **pt_length**: 강판의 길이 (단위: mm).
- **hsb**: 특정한 조건 또는 적용 여부를 나타내는 열.
- **fur_no**: 가열로 번호.
- **fur_input_row**: 가열로에서의 위치.
- **fur_heat_temp**: 가열로에서 가열된 온도 (단위: °C).
- **fur_heat_time**: 가열 시간 (단위: 분).
- **fur_soak_temp**: 가열 후 유지된 온도 (단위: °C).
- **fur_soak_time**: 유지된 시간 (단위: 분).
- **fur_total_time**: 가열과 유지에 걸린 총 시간 (단위: 분).
- **rolling_method**: 압연 방식 (예: 온도제어).
- **rolling_temp**: 압연 시의 온도 (단위: °C).
- **descaling_count**: 디스케일링(스케일 제거) 횟수.
- **work_group**: 작업을 수행한 작업조.

⇒ 특정 온도에서 가열된 슬라브가 불량일 가능성이 높거나, 특정 작업조에서 불량이 많이 발생할 수 있음.

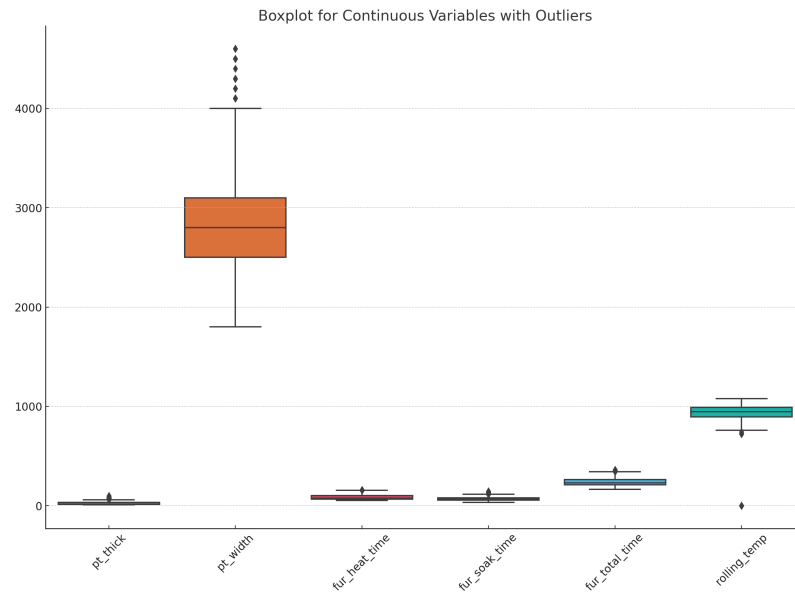
⇒ 불량이 발생한 항목들을 집중적으로 분석하여, 온도, 가열 시간, 압연 방법 등이 불량과 어떤 관련이 있는지 찾아볼 수 있음.

⇒ 압연 온도의 적정 범위는 1000~1100도 사이라고 알려짐

연속형 변수

- **결측치(Missing Values)**: 연속형 변수에서 결측치는 발견되지 않았습니다.
- **이상치(Outliers)**: 아래의 변수에서 이상치가 발견되었습니다.
 - `pt_thick` (판 두께)
 - `pt_width` (판 폭)
 - `fur_heat_time` (가열 시간)

- `fur_soak_time` (침열 시간)
- `fur_total_time` (전체 가열 시간)
- `rolling_temp` (압연 온도)



범주형 변수 (Categorical Variables)

범주형 변수에서 **이상한 값**은 발견되지 않았습니다. 각 변수에서 고유한 값들은 모두 논리적인 범위 내에 있었습니다:

- `scale` : 양품, 불량
- `spec_long` : 여러 규격명
- `spec_country` : 국가명 (미국, 영국 등)
- `steel_kind` : 강재 종류 (T, C)
- `hsb` : 적용, 미적용
- `fur_no` : 가열로 번호 (1호기, 2호기, 3호기)
- `fur_input_row` : 입력 열 (1열, 2열)
- `rolling_method` : 압연 방법 (TMCP, CR)
- `work_group` : 작업조 (1조, 2조, 3조, 4조)

데이터 인코딩

- **scale** 변수는 범주형 데이터이므로, 이를 모델에 적용하기 위해 수치형 데이터로 변환 필요 !!
- **Label Encoding**: **양품** 과 **불량** 을 각각 0과 1로 변환.
- **One-Hot Encoding**: 각 클래스(**양품**, **불량**)에 대해 별도의 이진 컬럼을 생성.

<분석 전 사전 검토한 잠재 요인 >

1. 공정 변수

- **가열 온도 (fur_heat_temp)**: 가열 온도가 너무 높거나 낮으면 철판의 물리적 특성이 변할 수 있어 불량을 유발할 수 있습니다.
- **가열 시간 (fur_heat_time)**: 가열 시간이 너무 짧거나 길면 적절한 미세구조를 형성하지 못해 품질 문제를 일으킬 수 있습니다.
- **침열 온도 (fur_soak_temp)**: 가열 후 철판이 일정 시간 동안 유지되는 온도입니다. 이 과정에서 불균일한 열 분포가 불량을 유발할 수 있습니다.
- **압연 온도 (rolling_temp)**: 압연 온도가 적절하지 않으면 철판의 강도와 두께에 영향을 미쳐 불량을 초래할 수 있습니다.

2. 물리적 특성

- **판 폭 (pt_width)**: 판의 폭이 불균일할 경우, 압연 과정에서 문제가 발생할 수 있습니다.
- **판 두께 (pt_thick)**: 판의 두께가 일정하지 않거나 너무 두껍거나 얇으면 스케일 형성에 영향을 줄 수 있습니다.
- **판 길이 (pt_length)**: 길이가 너무 길거나 짧으면 다른 공정과의 조화를 이루지 못해 불량으로 이어질 수 있습니다.

3. 재질 및 규격

- **강재 종류 (steel_kind)**: 특정 강재는 다른 강재보다 더 열에 민감할 수 있어, 스케일 형성에 영향을 줄 수 있습니다.
- **규격 (spec_long)**: 규격에 따라 요구되는 품질 기준이 다르며, 일부 규격이 더 높은 불량률을 보일 수 있습니다.

4. 작업 조건

- **작업조 (work_group):** 작업조 간의 경험 차이, 작업 습관 등으로 인해 불량률에 차이가 있을 수 있습니다.
- **가열로 번호 (fur_no):** 가열로마다 열 분포나 작동 상태가 다를 수 있어, 특정 가열로에서 불량률이 더 자주 발생할 수 있습니다.
- **입력 열 (fur_input_row):** 슬래브가 가열로에 들어가는 위치에 따라 열 전달이 다를 수 있어 불량 발생에 영향을 미칠 수 있습니다.

5. 환경 변수

- **계절 및 시간 (rolling_date):** 환경 온도, 습도 등의 계절적 변화가 공정에 영향을 줄 수 있습니다. 예를 들어, 겨울철에는 열 손실이 커질 수 있습니다.

6. 스케일링 여부 (hsb)

- **스케일링 적용 여부 (hsb):** 스케일 제거 공정이 제대로 적용되지 않은 경우 불량률이 발생할 가능성이 높아질 수 있습니다.

7. 공정 간 상호작용

- **변수 간 상호작용:** 예를 들어, 가열 온도와 압연 온도 간의 상호작용이 불량 발생에 중요한 영향을 줄 수 있습니다. 특정 온도 범위에서만 스케일 불량이 발생할 수 있습니다.

IQR 방법으로 이상치 분리했을 때 결과

- **pt_thick (두께)**
- 83개 - [64이상의 값을 모두 이상치로 판단]
- 불량 : 11개[66,71,74,76,76,76,80,81,83,100,100], 양품: 72개 [64,68,,,,,74,76,,,81,,,,,90]

후판공정에서 두께가 90정도면 어때 그거 불가능한 수치야 ?



두께가 **90mm** 정도인 후판은 실제로 존재할 수 있습니다. 후판의 두께는 제품의 용도에 따라 다양하게 조절될 수 있으며, 특히 강도가 높거나 특별한 목적을 위한 구조물에 서는 더 두꺼운 후판이 요구될 수 있습니다.

일반적으로 후판의 두께는 **10mm**에서 **100mm** 이상의 범위 내에서 제조될 수 있으며, 90mm 두께의 후판도 제조 공정에서 가능합니다. 따라서, **90mm** 두께는 비현실적인 수치가 아니며, 특정한 용도에 따라 필요할 수 있는 두께입니다.

⇒ 이상치 - 양품 64~90 범위 값이지만, 일반적으로 가능한 수치로 판단되어 이상치 배제하긴 어려워보인다.

- **pt_width (너비)**

- 19개 - [4100,4200,4300,4400,4500,4600 - 4400 제외하고 여러 번 발생]
- 불량 : 4개[4200,4300,4500,4500] , 양품 : 15개

⇒ 일반적으로 후판 너비는 다양한 용도에 맞춰 1000m~5000mm 이상까지도 가능하므로 이상치 배제하긴 어려움

- **fur_heat_time (가열 시간)**

- 10개 - [157,157,157,158,158,158,158,158,158,158]
- 불량:158, 양품 9개

⇒ 후판 가열 시간은 재료 두께, 강종, 원하는 특성에 따라 달라지며 더 두꺼운 판재나 고강도 재료일 경우 더 긴 가열 시간이 필요할 수 있기에 이상치 배제하기는 어려워 보임.

- **fur_soak_time (불림 시간)**

- 49개 - [116,117 ~~~ 이후의 값 모두]
- 불량 : 4개 [122,134,145,131] , 양품 : 45개

⇒ 불림 시간은 두꺼운 후판이나 특별한 강도 및 연성을 요구하는 경우 불림 시간이 길어질 수 있습니다. 따라서 이는 특정 조건에 따라 필요한 시간이 될 수 있기에 이상치로 제거할 필요는 없다.

- **fur_total_time (총 가열 시간):**

- 양품 : 7개 -[343,347,351,351,352,361,362]

⇒ 평균적인 수치 범위 : 평균 238.59분 - [165~325]

⇒ 매우 두꺼운 후판이나 고강도 재료의 경우, 필요한 물리적 특성을 얻기 위해 더 오랜 시간 가열 및 불림이 이루어질 수 있으므로 이상치 배제는 어려운 값.

- **rolling_temp (압연 온도)**: 6개 - [0값 6개] ⇒ 아마두 결측치 !!

<작업조 분석 결과>

- **1조:**
 - 샘플 크기: 280개
 - 양품 비율: 61.07%
 - 불량 비율: 38.93%
- **2조:**
 - 샘플 크기: 292개
 - 양품 비율: 70.89%
 - 불량 비율: 29.11%
- **3조:**
 - 샘플 크기: 218개
 - 양품 비율: 69.72%
 - 불량 비율: 30.28%
- **4조:**
 - 샘플 크기: 210개
 - 양품 비율: 76.19%
 - 불량 비율: 23.81%

후판

descaling count	Total Count	Failure Count	Failure Rate (%)
5	6	6	100
6	206	28	13.592233009709
7	20	20	100
8	249	122	48.995983935743
9	31	31	100
10	488	103	21.106557377049

'descaling_count'별로 불량률을 계산한 결과 -> 숫자가 홀수일 때 불량률이 100% <추가 지식>

- 디스케일링은 금속 표면에 생긴 산화물을 제거하여 제품의 품질을 높이는 중요한 공정
- 열간 압연 중에 금속 표면에 형성된 스케일을 제거하기 위해 고압의 물을 분사하거나, 산(acid)을 사용하여 표면을 깨끗이 함. 이 과정은 금속이 뜨거운 상태에서 이루어지기 때문에, 열과 냉각 사이클에 직접적인 영향을 미침

<가능성 있는 이론적 설명>

- 열 및 냉각 사이클의 불균형

⇒

***균일한 열 사이클:** 디스케일링이 짝수 횟수로 이루어질 경우, 금속의 표면이 여러 번 균일하게 노출되면서 열이 고르게 분산되고, 냉각도 균일하게 이루어질 가능성이 높습니다. 이로 인해 내부 응력의 발생 가능성이 줄어듭니다.

*

비균일한 열 사이클: 홀수 횟수의 디스케일링은 열 사이클의 마지막 단계가 비균일하게 종료될 수 있습니다. 예를 들어, 마지막 디스케일링 후에 금속이 충분히 냉각되지 않거나, 특정 부분만 집중적으로 냉각되면서 비대칭적인 응력 분포가 발생할 수 있습니다.

*

불균형 냉각의 결과: 만약 디스케일링 후 금속이 비대칭적으로 냉각된다면, 금속의 일부가 더 빨리 또는 더 느리게 냉각될 수 있습니다. 이로 인해 금속의 미세 구조가 고르게 형성되지 않으며, 이는 불량으로 이어질 가능성이 높습니다. 특히, 마지막 디스케일링 후에 발생하는 열-냉각 사이클이 불균형하다면, 최종 제품의 표면 품질과 내부 응력 분포가 모두 영향을 받을 수 있습니다.

- 공정의 반복성 문제

⇒ 짝수 횟수의 공정이 반복적인 패턴을 형성하여 금속 표면을 균질하게 처리할 수 있는 반면, 홀수 횟수는 이러한 패턴이 깨질 가능성이 있음

후판

1. Temperature

1) Rolling Temperature

2) Fur-Soak-Temperature

→ 기본적으로 철과 산소가 반응해 산화물이 형성되는 것이 scale인데 이 과정에서 금속 원자가 산소와 결합하는데 필요한 활성화 E를 극복해야함. 아레니우스 식에 의해 온도가 높아질수록 더 많은 금속원자들이 이 활성화 에너지를 넘어서서 반응이 더 빨리 일어나기 때문에 산화반응이 촉진되어서 스케일이 더 생성됨.

2. HSB

→ 조압연과 사상압연 사이에 위치하고 기계적으로 (물리적) Scale을 부수거나 깨뜨려서 제거함.

3. Thick

→ 두께가 두꺼우면 균일하게 가열이 어려우므로 가열대, 온열대, 압연 공정을 지나며 온도차이로 스케일이 반복 형성될 가능성 높음. And 냉각속도가 느려서 오래 고온상태를 유지하므로 스케일이 더 많이 생성될 가능성 존재.

4. Rolling Method

1) TMCP

2) CR(제어 압연)

→ 제어압연은 압연과정 중 온도와 변형률을 제어해 미세구조를 최적화하는 공정인데 냉각과정이 따로 포함되어 있지 않음. 하지만, TMCP는 제어 냉각을 포함한 통합 공정이기 때문에 스케일 형성을 최소화 할 수 있음.

(급냉시 scale 얇아서 디스케일링으로 쉽게 제거 가능)

5. Steel Kind

1)C강재

2)T강재

→ T강재는 합금 원소가 추가되어 일반적으로 더 높은 산화 저항성을 가지고 있어 고온에서도 산화가 덜 일어남. 하지만, C강재는 일반적으로 탄소함량이 높은 강재로 탄소 함량이 높으면 산화반응이 활발히 일어나 표면에 스케일이 두껍게 형성될 가능성이 큼.

⇒ C강재는 온도관리가 적절치 않으면 스케일이 더 쉽게 형성될 수 있음.

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

후판 공부

참고 자료 및 사이트 링크

1. <https://changwan1202.tistory.com/95>