



PDP-One

작업 경로 및 조건 최적화를 통한 PDP 명점 불량 제로화

A반 4조

김재원 김한결 성수호

이예랑 인지윤 진성희

목차

1. PDP와 명점

2. 추진 배경

3. 현황 및 개선 기회

4. 데이터 분석

- 4-1. 데이터 셋
- 4-2. 결측치 및 이상치 처리
- 4-3. 유의 공정 탐색
- 4-4. 최적화를 통한 중요 작업 조건 도출

5. 분석 결과

- 5-1. 전체/부분 최적화
- 5-2. 제약조건내의 최적화

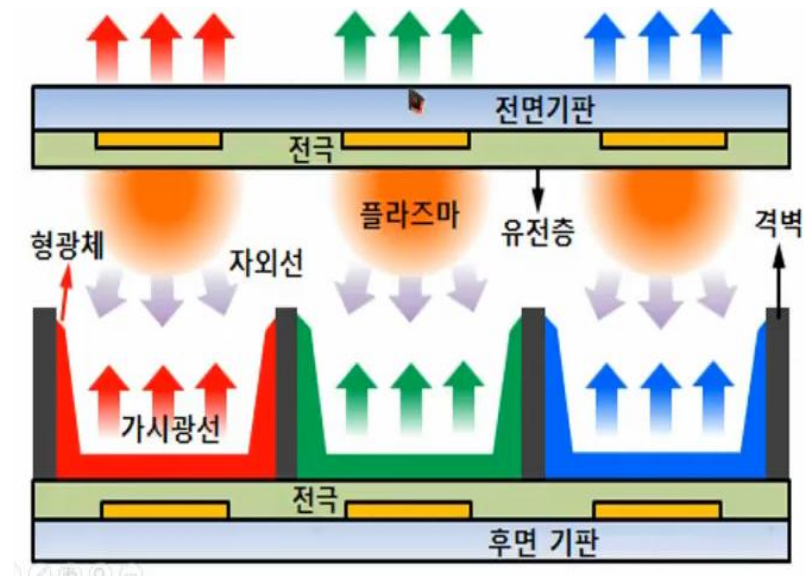
6. 개선안 및 적용 방안

- 6-1. 개선안
- 6-2. 파일럿 테스트
- 6-3. 프로세스 컨트롤

PDP

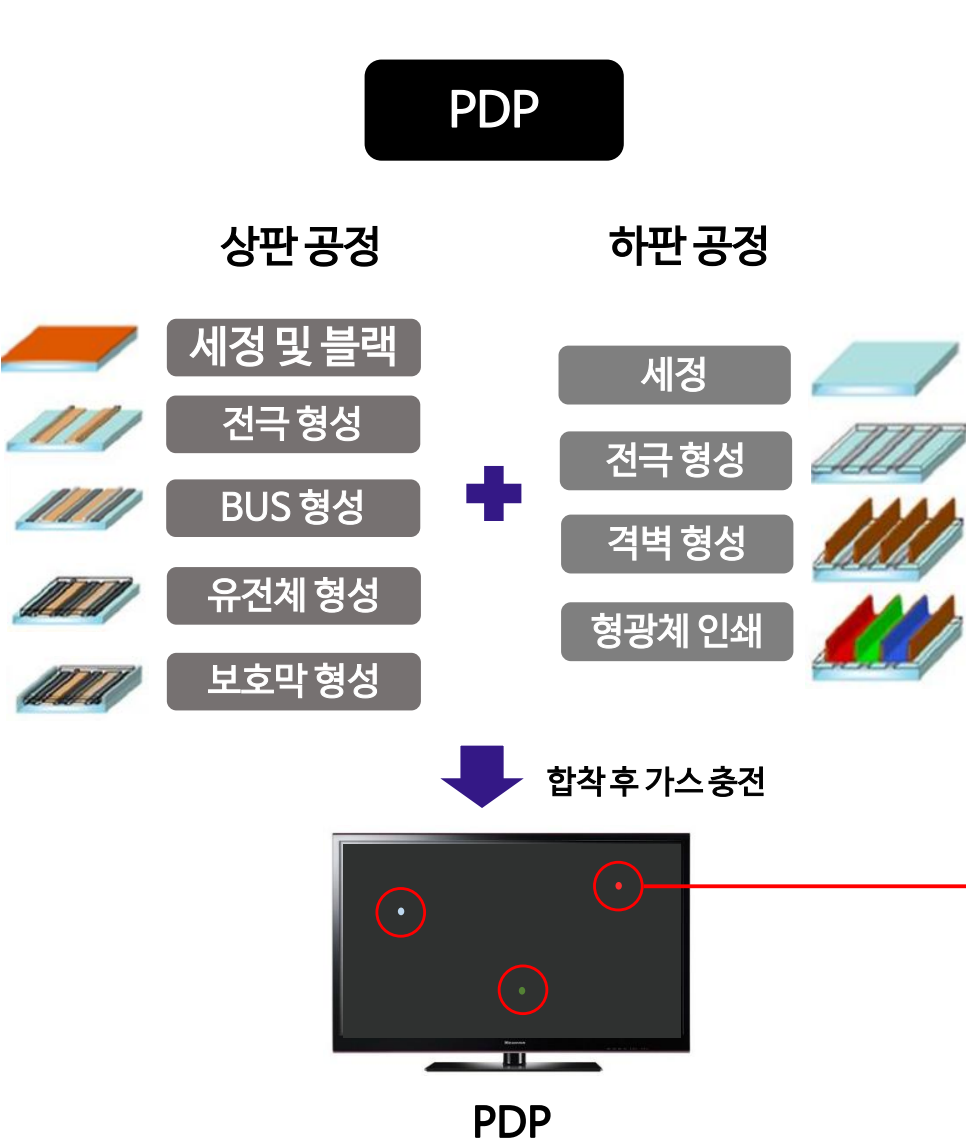
2000년대 초반 TV 대형화와 슬림화에 큰 기여를 한 3세대 디스플레이

원리



1. 전극이 장착된 두 장의 유리 기판으로 구성되어 있으며, 후면기판에는 R,G,B,의 형광물질이 격벽을 사이에 두고 매우 촘촘하게 칠함
2. 내부에는 네온, 크세논 등의 방전을 일으킬 수 있는 가스로 채워놓고 밀봉
3. 위, 아래 전극을 통하여 전기장을 가하면 내부 기체는 방전을 일으키게 되어 플라즈마 상태가 되고, 이 과정에서 자외선을 방출
4. 방출된 자외선은 후면 기판에 칠해져 있는 R,G,B 형광체에 충돌하며 이들 형광체들은 해당하는 색의 가시광선을 방출하여 전면기판을 통하여 화면으로 구현

PDP와 명점



명점 불량

명점 : 정상적인 이미지보다 밝게 빛나는 셀 결점

명점은 암점 대비 눈에 쉽게 띄기 때문에 불량 기준이 까다로움

삼성 디스플레이 교환 기준에 의거하면 암점은 6개 이상 발생시 교환이 가능하지만 명점은 단 하나라도 발생하면 교환이 가능.

그만큼 명점은 디스플레이의 치명적인 불량

→ 해당하는 픽셀이 하나라도 있다면 점검 필요

추진배경

남미에서 PDP 점유율의 증가하는 반면 PDP-One의 불량률 증가 ➡ 극심한 손실 발생

■ PDP 점유율

5 %

10 %

1분기

2분기

(출처: 연합뉴스)

- ✓ 전체 TV 시장에서 차지하는 PDP 점유율도 5%에서 10%로 증가
- ✓ 남미에서 PDP TV는 올 1분기에 164%나 성장

■ 불량률

6.5%

9.8%

12.1%

14.1%

4월

5월

6월

7월

평균 불량률 : 10.7%

- ✓ 고객 불만 및 제품 Claim 급증
- ✓ 품질 비용 증가로 인한 저조한 수익성



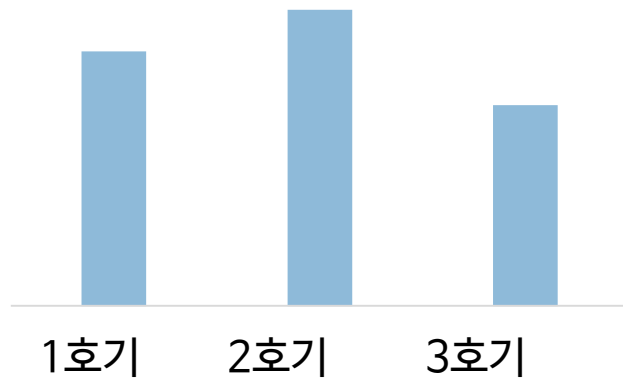
- ✓ 명점 불량 1%당 약 10억원의 품질 비용 요구

불량률 증가로 인해 발생하는 품질 비용을 줄이기 위한 전략 필요

개선 기회

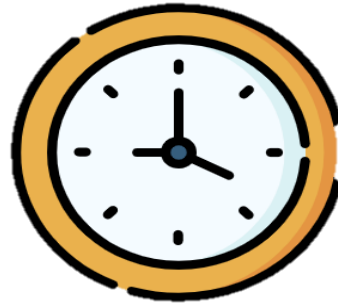
설비, 작업시간, 작업조건 데이터를 계층적으로 고려하여 명점 불량 유발 요소 제거

공정 설비 별 불량률 차이



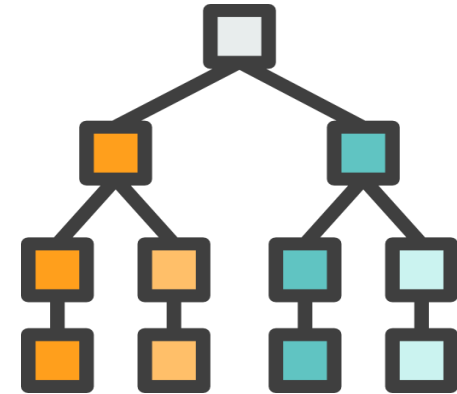
설비 별 세부 조건
파악 후 최적 조건 찾기

공정 소요시간 별 불량률 차이



소요 시간에 따른
불량률 조절 필요

공정 작업 변수 최적화 미흡



생산 프로세스 별
최적 작업 조건 찾기

목표 : 명점 불량률 제로화

데이터 셋

주어진 데이터는 17개의 공정 과정과 상응한 데이터로 크게 3가지로 분류 가능

공정 설비

AG 전극 인쇄 호기
유전체 소성 호기
보호 층 주입 호기
⋮
변수 17 개

공정 소요 시간

AG 전극 RTD 소요시간
유전체 소성 소요시간
보호 층 주입 소요시간
⋮
변수 17 개

공정 작업 변수

AG 전극 RTD 시작 압력
AG 전극 RTD 유리 출구 온도
AG 전극 RTD 벽 출구 온도
⋮
변수 106 개

총 데이터 수 4000개

분석 계획

분석 계획 1

유의 설비 및 작업 변수를
이용한 주요 공정 선정



주요 공정 결정

선정된 작업 변수의
전체, 부분 최적화를 통한
주요 작업 변수 도출

전체

- AG 전극 RTD 유리 시작 온도
- BUS 전극 현상 2번 TANK 온도

부분

- AG 전극 RTD 유리 시작 온도
- 유전체 소성 1번 배기량

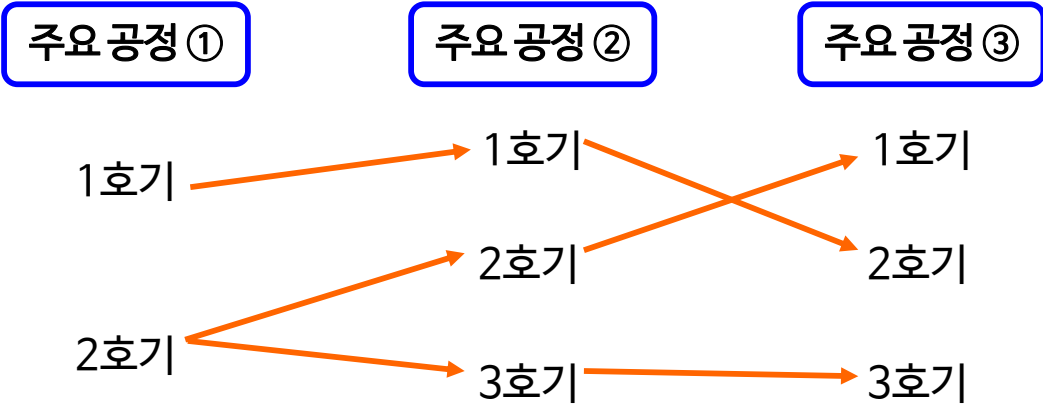
모델링 및 최적 조건 탐색

4가지 모델 선택

- ✓ Decision Tree
- ✓ Random Forest
- ✓ Gradient Boosting
- ✓ Neural Net

분석 계획 2

불량 제로화를 위한 최적의 설비 경로 탐색



- ✓ 공정 순서 변경 불가
→ 정해진 경로 내의 온도와 배기량 등의 최적 작업 조건 탐색

이상치 및 결측치 처리(1) : 공정 별 설비 데이터

```
1 df_raw.isnull().sum()
```

```
JUDGE          0
LOT_ID         0
PANEL_ID       0
MC_1BLACK_1PRINT 0
MC_1BLACK_2RTD  0
MC_2AG_1PRINT   0
MC_2AG_2RTD     0
MC_2AG_3EXPOSURE 0
MC_3BUS_1DEVELOP 0
MC_3BUS_2FIRE   0
MC_4DIELEC_1FIRE 0
MC_5MGO         0
MC_6PHOS_1R_1DISPENSER 0
MC_6PHOS_1R_2DRY 0
MC_6PHOS_2G_1DISPENSER 0
MC_6PHOS_2G_2DRY 0
MC_6PHOS_3B_1DISPENSER 0
MC_6PHOS_4FIRE  0
MC_7PASTE       0
MC_8AGING       0
dtype: int64
```

→ 결측치 발견되지 않음

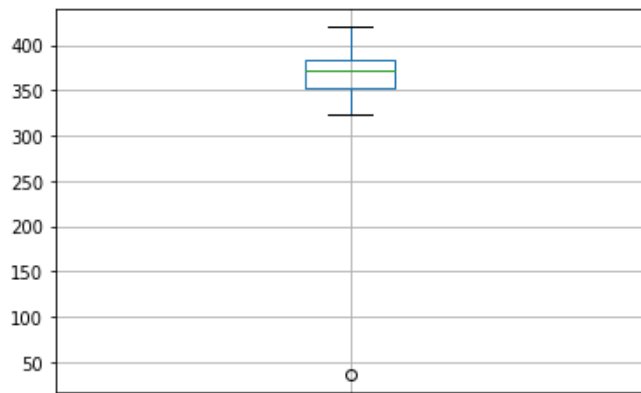
```
1호기| 2160
2호기| 1840
Name: MC_1BLACK_1PRINT, dtype: int64
1호기| 2180
2호기| 1820
Name: MC_1BLACK_2RTD, dtype: int64
1호기| 2020
2호기| 1980
Name: MC_2AG_1PRINT, dtype: int64
1호기| 2180
2호기| 1820
Name: MC_2AG_2RTD, dtype: int64
1호기| 2020
2호기| 1980
Name: MC_2AG_3EXPOSURE, dtype: int64
2호기| 2040
1호기| 1960
Name: MC_3BUS_1DEVELOP, dtype: int64
1호기| 2180
2호기| 1820
Name: MC_3BUS_2FIRE, dtype: int64
3호기| 1380
1호기| 1340
2호기| 1280
Name: MC_4DIELEC_1FIRE, dtype: int64
2호기| 2040
1호기| 1960
```

→ 1~3호기의 범주형 데이터로 이상치 없음

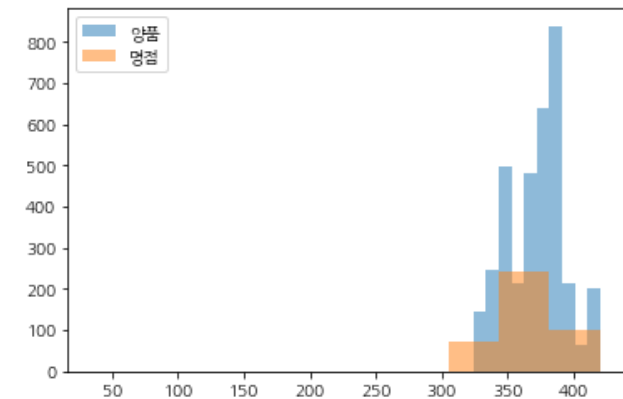
```
Name: MC_5MGO, dtype: int64
1호기| 2240
2호기| 1760
Name: MC_6PHOS_1R_1DISPENSER, dtype: int64
2호기| 2140
1호기| 1860
Name: MC_6PHOS_1R_2DRY, dtype: int64
1호기| 2120
2호기| 1880
Name: MC_6PHOS_2G_1DISPENSER, dtype: int64
1호기| 2260
2호기| 1740
Name: MC_6PHOS_2G_2DRY, dtype: int64
1호기| 2100
2호기| 1900
Name: MC_6PHOS_3B_1DISPENSER, dtype: int64
3호기| 1420
2호기| 1420
1호기| 1160
Name: MC_6PHOS_4FIRE, dtype: int64
1호기| 2200
2호기| 1800
Name: MC_7PASTE, dtype: int64
1호기| 2200
2호기| 1800
Name: MC_8AGING, dtype: int64
```

이상치 처리(2) : 공정 별 소요시간 데이터

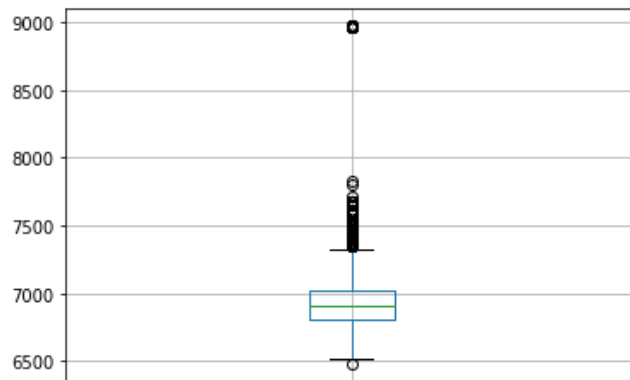
TAT_3BUS_1DEVELOP



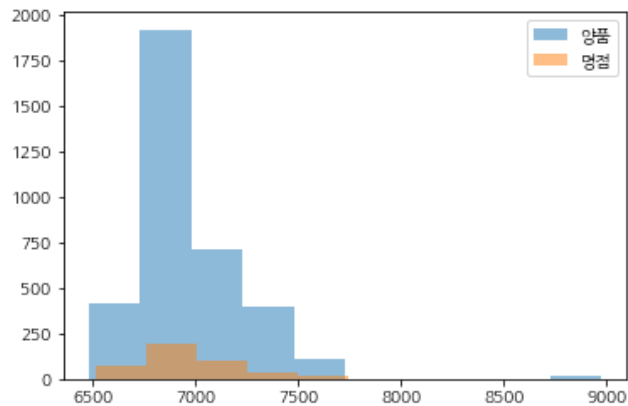
TAT_3BUS_1DEVELOP



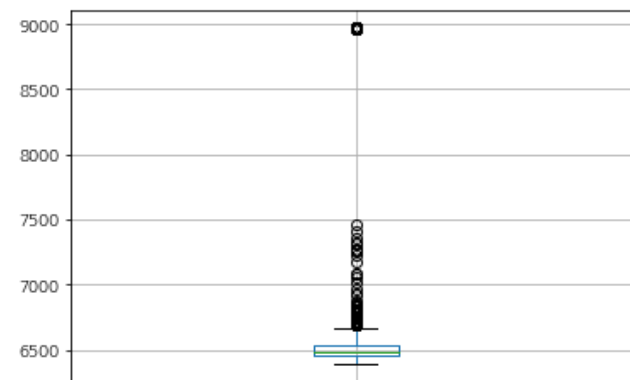
TAT_3BUS_2FIRE



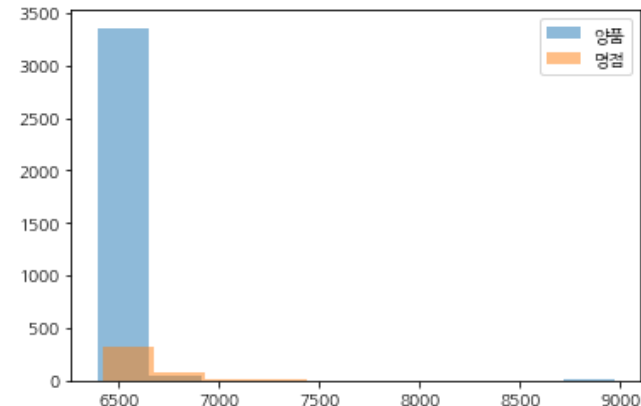
TAT_3BUS_2FIRE



TAT_4DIELEC_FIRE



TAT_4DIELEC_FIRE

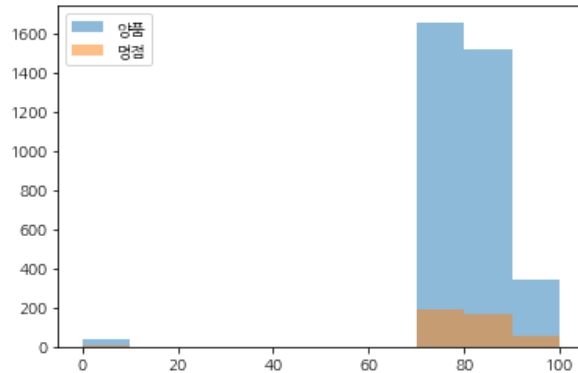
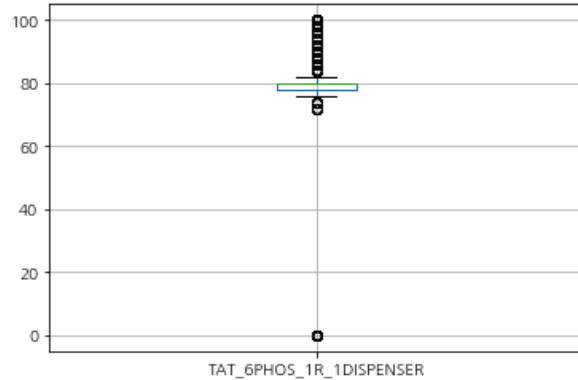


→ 버스 현상 공정이 36초 안에 이루어질 수 없으므로 이상치로 판단, 제거

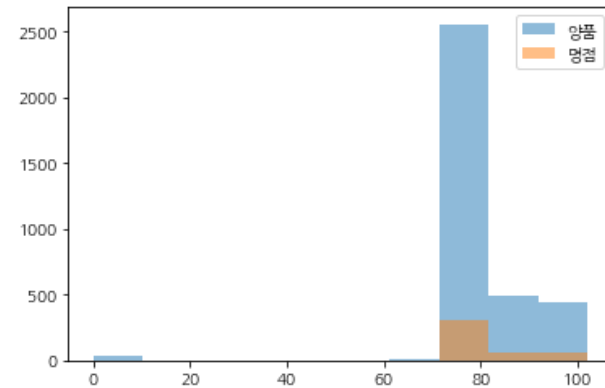
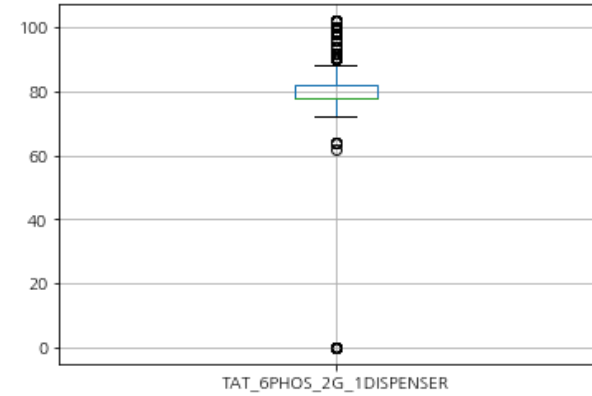
→ 상자그림 결과, 소성 과정의 중위값이 6478.5초인 것에 반해 8900초(약 2시간 30분) 이상 일어나는 경우는 이상치라고 판단, 제거

이상치 처리(2) : 공정 별 소요시간 데이터

TAT_6PHOS_1R_1DISPENSER



TAT_6PHOS_2G_1DISPENSER



→ 형광체 도포 프로세스가 5초 이하에서 이루어질 수 없으므로 5초보다 작은 값은 이상치라고 판단, 제거

이상치 처리(2) : 공정 별 소요시간 데이터

TAT_7PASTE

A	B	C	AA
JUDGE	LOT_ID	PANEL_ID	TAT_7PASTE
양품	LOT-101	PNL-01	0
양품	LOT-101	PNL-02	0
양품	LOT-101	PNL-03	0
양품	LOT-101	PNL-04	0
양품	LOT-101	PNL-05	0
양품	LOT-101	PNL-06	0
양품	LOT-101	PNL-07	0
양품	LOT-101	PNL-08	0
양품	LOT-101	PNL-09	0
양품	LOT-101	PNL-10	0
양품	LOT-101	PNL-11	0
양품	LOT-101	PNL-12	0
명점	LOT-101	PNL-13	0
양품	LOT-101	PNL-14	0
양품	LOT-101	PNL-15	0
양품	LOT-101	PNL-16	0
양품	LOT-101	PNL-17	0
양품	LOT-101	PNL-18	0
양품	LOT-101	PNL-19	0
명점	LOT-101	PNL-20	0
양품	LOT-102	PNL-01	0

```
data['TAT_7PASTE']
```

```
0    0.0
1    0.0
2    0.0
3    0.0
4    0.0
```

...

```
3995    0.0
3996    0.0
3997    0.0
3998    0.0
3999    0.0
```

Name: TAT_7PASTE, Length: 4000, dt

```
data['TAT_7PASTE'].isnull().sum()
```

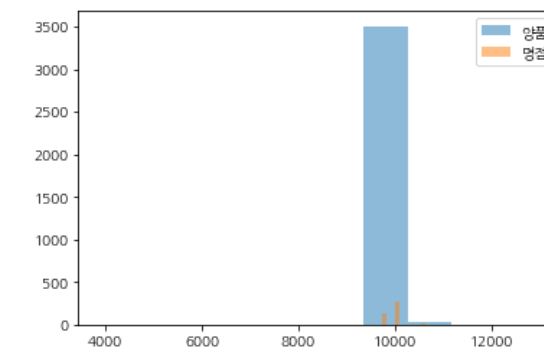
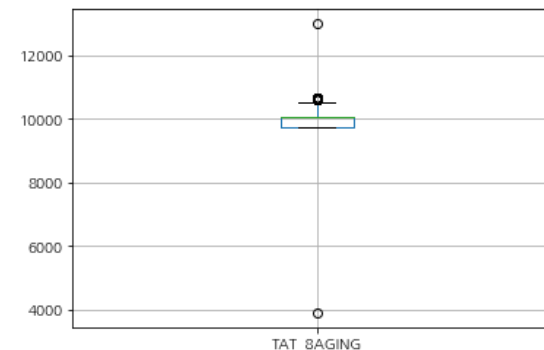
16

```
data['TAT_7PASTE'].value_counts()
```

```
0.0    3984
```

Name: TAT_7PASTE, dtype: int64

TAT_6PHOS_4FIRE

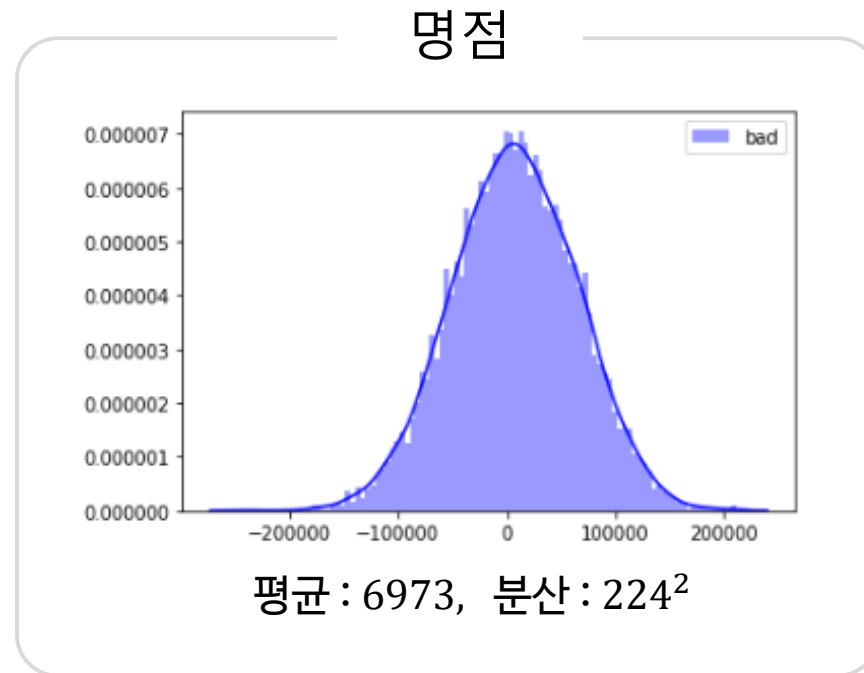
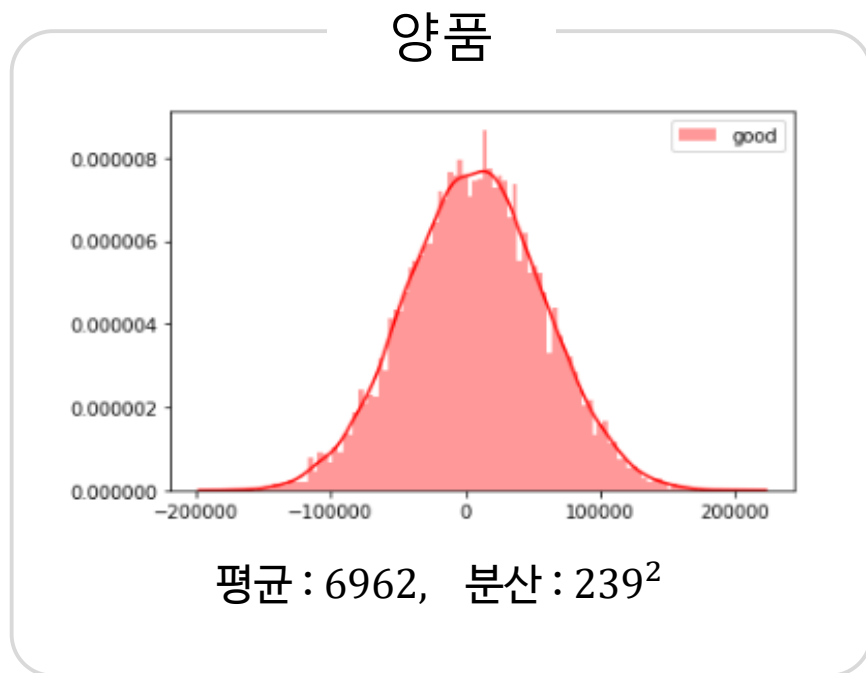


→ 합착 소요시간은 0초 or NaN 으로
영향 인자의 역할을 하지 못하기 때문에 데이터 열 제외

→ 형광체 소성 과정의 평균 소요시간은 8000초로,
절반 수치인 4000초보다 작은 값은 이상치로
판단, 제거

결측치 처리(2) : 공정 별 소요시간 데이터

일반적인 이상치 제거 후 정규성 여부에 따라 양품 • 명점 별 **평균값으로 대체**



- ✓ 판정 값에 따라 기대값 대비 표준편차 3~4% 내외에 분포해 있으며 정규분포를 따름
- ✓ 해당 변수의 결측치는 판정 값의 평균을 넣어도 분석 결과를 왜곡시키지 않는다고 판단

결측치 처리(2) : 공정 별 소요시간 데이터

이상치를 제거한 후, 남은 데이터 각각의 양품/명점 별 불량률을 계산한 값을 결측치에 대체

JUDGE
0 87.742793
1 87.297424
Name: TAT_1BLACK_1PRINT.

JUDGE
0 219.196078
1 222.018779
Name: TAT_1BLACK_2RTD.

JUDGE
0 84.526906
1 84.645540
Name: TAT_2AG_1PRINT.

JUDGE
0 70.628324
1 70.032787
Name: TAT_2AG_2RTD.

JUDGE
0 161.671531
1 165.841727
Name: TAT_2AG_3EXPOSURE.

JUDGE
0 371.476593
1 366.323810
Name: TAT_3BUS_1DEVELOP.

JUDGE
0 6970.505048
1 6981.663529
Name: TAT_3BUS_2FIRE.

JUDGE
0 6511.868852
1 6589.016706
Name: TAT_4DIELEC_FIRE.

JUDGE
0 533.763135
1 534.763033
Name: TAT_5MGO.

JUDGE
0 79.996062
1 81.219048
Name: TAT_6PHOS_1R_1DISPENSER

JUDGE
0 403.676048
1 409.542654
Name: TAT_6PHOS_1R_2DRY

JUDGE
0 80.835127
1 81.550827
Name: TAT_6PHOS_2G_1DISPENSER.

JUDGE
0 377.573133
1 373.471564
Name: TAT_6PHOS_2G_2DRY.

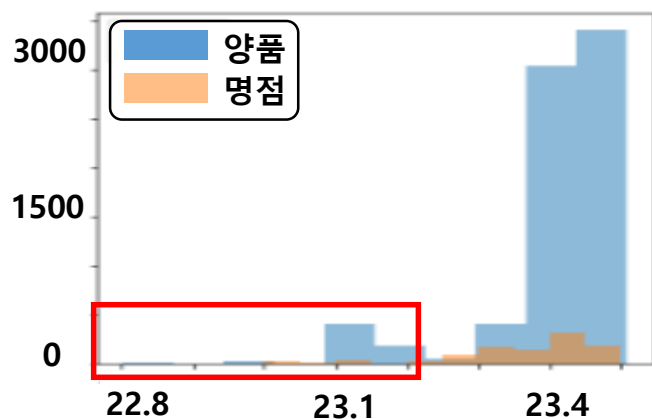
JUDGE
0 83.945275
1 83.896226
Name: TAT_6PHOS_3B_1DISPENSER,

JUDGE
0 7121.326669
1 7078.966825
Name: TAT_6PHOS_4FIRE.

JUDGE
0 9973.98188
1 9986.67217
Name: TAT_8AGING.

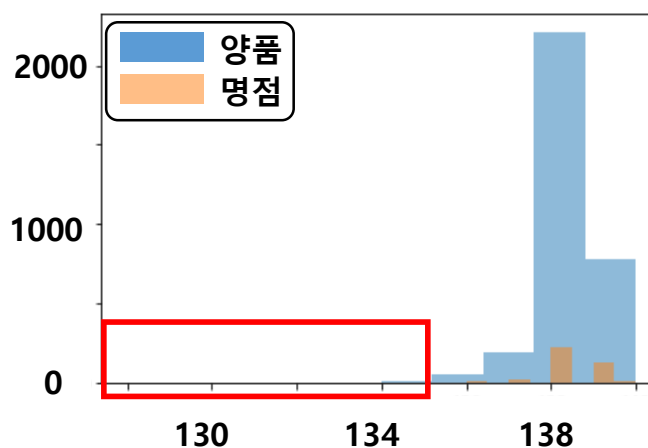
이상치 처리(3) : 생산 프로세스 데이터

BUS 전극 현상 온도



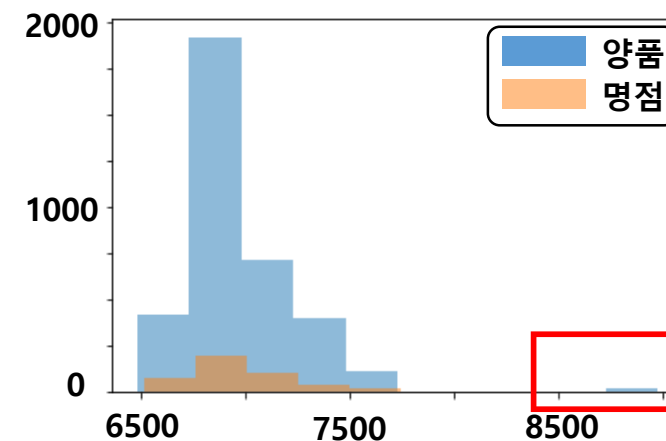
- 평균과 이상치의 절대 온도차 미비
- 낮은 비열
c.f.) 은, 구리 비열 $0.05 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$

AG 전극 RTD 유리 끝 온도



- 평균과 이상치의 절대 온도차 큼
- 상대적으로 높은 비열
c.f.) 유리의 비열 $0.2 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$

BUS 소성 소요시간



- 8900초 존재 (중위값 6478.5)
- 데이터 수와 이상치가 아니라는
논리적 근거 부족

전체 주요 변수 탐색

Logit Regression Results

Dep. Variable:	JUDGE	No. Observations:	2800
Model:	Logit	Df Residuals:	2780
Method:	MLE	Df Model:	19
Date:	Mon, 20 Jul 2020	Pseudo R-squ.:	0.01670
Time:	16:46:20	Log-Likelihood:	-949.92
converged:	True	LL-Null:	-966.05
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:	0.02915

	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
Intercept	-2.0627	0.296	-6.966	0.000	-2.643	-1.482
MC_1BLACK_1PRINT[T.2호기]	0.0609	0.131	0.466	0.641	-0.195	0.317
MC_1BLACK_2RTD[T.2호기]	-0.0138	0.127	-0.109	0.913	-0.263	0.236
MC_2AG_1PRINT[T.2호기]	-0.0075	0.127	-0.059	0.953	-0.256	0.241
MC_2AG_2RTD[T.2호기]	-0.1241	0.130	-0.955	0.340	-0.379	0.131
MC_2AG_3EXPOSURE[T.2호기]	-0.2223	0.128	-1.730	0.084	-0.474	0.030
MC_3BUS_1DEVELOP[T.2호기]	-0.1134	0.127	-0.890	0.374	-0.363	0.136
MC_3BUS_2FIRE[T.2호기]	0.1276	0.129	0.991	0.322	-0.125	0.380
MC_4DIELEC_1FIRE[T.2호기]	0.1579	0.151	1.049	0.294	-0.137	0.453
MC_4DIELEC_1FIRE[T.3호기]	-0.3870	0.162	-2.391	0.017	-0.704	-0.070
MC_5MGO[T.2호기]	-0.0157	0.127	-0.123	0.902	-0.265	0.234
MC_6PHOS_1R_1DISPENSER[T.2호기]	-0.1090	0.131	-0.834	0.404	-0.365	0.147
MC_6PHOS_1R_2DRY[T.2호기]	-0.0270	0.126	-0.214	0.831	-0.275	0.221
MC_6PHOS_2G_1DISPENSER[T.2호기]	-0.1286	0.130	-0.990	0.322	-0.383	0.126
MC_6PHOS_2G_2DRY[T.2호기]	0.0954	0.126	0.757	0.449	-0.152	0.342
MC_6PHOS_3B_1DISPENSER[T.2호기]	-0.0299	0.127	-0.235	0.814	-0.279	0.219
MC_6PHOS_4FIRE[T.2호기]	0.3707	0.169	2.191	0.028	0.039	0.702
MC_6PHOS_4FIRE[T.3호기]	0.4866	0.170	2.860	0.004	0.153	0.820
MC_7PASTE[T.2호기]	-0.0628	0.128	-0.492	0.623	-0.313	0.187
MC_8AGING[T.2호기]	-0.0664	0.126	-0.528	0.597	-0.312	0.180

Iterations: 35

Logit Regression Results

Dep. Variable:	JUDGE	No. Observations:	2406
Model:	Logit	Df Residuals:	2388
Method:	MLE	Df Model:	17
Date:	Mon, 20 Jul 2020	Pseudo R-squ.:	0.04405
Time:	16:42:50	Log-Likelihood:	-773.41
converged:	False	LL-Null:	-809.05
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:	1.297e-08

	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
Intercept	-1.2179	5.760	-0.211	0.833	-12.508	10.072
TAT_1BLACK_1PRINT	-0.0146	0.017	-0.840	0.401	-0.049	0.019
TAT_1BLACK_2RTD	0.0100	0.004	2.608	0.009	0.002	0.018
TAT_2AG_1PRINT	0.0496	0.024	2.045	0.041	0.002	0.097
TAT_2AG_2RTD	-0.1067	0.030	-3.576	0.000	-0.165	-0.048
TAT_2AG_3EXPOSURE	0.0007	0.002	0.416	0.678	-0.002	0.004
TAT_3BUS_1DEVELOP	-0.0091	0.003	-2.617	0.009	-0.016	-0.002
TAT_3BUS_2FIRE	0.0005	0.000	2.138	0.032	4.4e-05	0.001
TAT_4DIELEC_FIRE	0.0007	0.000	3.302	0.001	0.000	0.001
TAT_5MGO	-0.0015	0.004	-0.363	0.716	-0.010	0.007
TAT_6PHOS_1R_1DISPENSER	0.0194	0.009	2.068	0.039	0.001	0.038
TAT_6PHOS_1R_2DRY	0.0018	0.001	1.592	0.111	-0.000	0.004
TAT_6PHOS_2G_1DISPENSER	-0.0001	0.009	-0.014	0.989	-0.017	0.017
TAT_6PHOS_2G_2DRY	-0.0041	0.002	-1.820	0.069	-0.008	0.000
TAT_6PHOS_3B_1DISPENSER	-0.0203	0.011	-1.818	0.069	-0.042	0.002
TAT_6PHOS_4FIRE	-0.0003	0.000	-1.611	0.107	-0.001	6.18e-05
TAT_7PASTE	4275.5857	2.33e+04	0.184	0.854	-4.13e+04	4.99e+04
TAT_8AGING	4.667e-05	0.000	0.152	0.879	-0.001	0.001

→ 전체 변수에 대한 로지스틱 회귀분석

MC 4DIELEC_1FIRE 3호기, MC_6PHOS_4FIRE 2호기, MC_6PHOS_4FIRE 3호기, TAT_1BLACK_2RTD, TAT_2AG_1PRINT, TAT_2AG_2RTD, TAT_3BUS_1DEVELOP, TAT_3BUS_2FIRE, TAT_4DIELEC_FIRE, TAT_6PHOS_1R_1DISPENSER

》》 P-value 0.5 이하로 유의한 설명변수에 포함

전체 주요 변수 탐색

iterations: 33

Logit Regression Results						
Dep. Variable:	JUDGE	No. Observations:	2541			
Model:	Logit	Df Residuals:	2490			
Method:	MLE	Df Model:	50			
Date:	Mon, 20 Jul 2020	Pseudo R-squ.:	-inf			
Time:	00:49:28	Log-Likelihood:	-inf			
converged:	False	LL-Null:	-860.43			
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:	1.000			
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
Intercept	-9.503e+05	1.9e+05	-5.010	0.000	-1.32e+06	-5.79e+05
AG_EXPOSURE_TEMP_MASK	8.1444	2.671	3.049	0.002	2.909	13.380
AG_RTD_TEMP_GLASS_END	-11.0419	2.183	-5.058	0.000	-15.320	-6.763
AG_RTD_TEMP_WALL_MAX	1.0855	0.375	2.897	0.004	0.351	1.820
AG_RTD_PRES_END	-0.0452	0.014	-3.234	0.001	-0.073	-0.018
AG_RTD_TEMP_HOOD_MAX	-3.2005	1.015	-3.152	0.002	-5.191	-1.210
AG_RTD_TEMP_HOOD_START	5.5647	1.371	4.058	0.000	2.877	8.252
AG_RTD_TEMP_GLASS_OUT	21.1318	4.231	4.995	0.000	12.839	29.424
AG_RTD_TEMP_WALL_START	2.3105	0.609	3.794	0.000	1.117	3.504
BLACK_RTD_PRES_START	-0.0342	0.018	-1.851	0.064	-0.070	0.002
BLACK_RTD_TEMP_WALL_MAX	1.4980	0.678	2.209	0.027	0.169	2.827
BLACK_RTD_TEMP_HOOD_START	3.5109	0.964	3.641	0.000	1.621	5.401
BLACK_RTD_TEMP_HOOD_MAX	-1.6999	0.697	-2.439	0.015	-3.066	-0.334
BUS_DEVELOP_PRES2	691.4725	165.700	4.173	0.000	366.706	1016.239
AG_RTD_TEMP_GLASS_START	4.5665	1.028	4.443	0.000	2.552	6.581
BUS_DEVELOP_PH_TANK1_2	1.026e+05	2.05e+04	5.011	0.000	6.25e+04	1.43e+05
BUS_DEVELOP_PH_TANK1_3	-210.0429	48.231	-4.355	0.000	-304.575	-115.511
BUS_DEVELOP_PRES3	170.4244	35.696	4.774	0.000	100.461	240.388
BUS_DEVELOP_TEMP_TANK1	56.2444	12.536	4.487	0.000	31.675	80.814
BUS_DEVELOP_TEMP_TANK3	-27.1452	5.460	-4.972	0.000	-37.846	-16.444
BUS_DEVELOP_TEMP_TANK2	45.8699	9.091	5.046	0.000	28.051	63.688
BUS_FIRE_TEMP_ANEAL_CH01	1.3620	0.340	4.004	0.000	0.695	2.029
BUS_FIRE_TEMP_ANEAL_CH02	-1.2629	0.285	-4.436	0.000	-1.821	-0.705
BUS_FIRE_TEMP_HEAT1_CH03	-1.8894	0.796	-2.374	0.018	-3.449	-0.330
BUS_FIRE_TEMP_KEEP_CH03	-2.2919	0.576	-3.977	0.000	-3.421	-1.162
BUS_FIRE_TEMP_KEEP_CH01	-2.0930	0.455	-4.603	0.000	-2.984	-1.202
BUS_FIRE_TEMP_KEEP_CH02	6.1925	1.277	4.851	0.000	3.691	8.695
DIELEC_FIRE_EXHAUST_HEAT2	-0.1034	0.022	-4.629	0.000	-0.147	-0.060
DIELEC_FIRE_EXHAUST_HEAT4	-0.0013	0.004	-0.328	0.743	-0.009	0.006
DIELEC_FIRE_EXHAUST_HEAT5	-0.0684	0.014	-4.949	0.000	-0.095	-0.041
DIELEC_FIRE_EXHAUST_HEAT6	-0.0028	0.004	-0.697	0.486	-0.011	0.005
DIELEC_FIRE_EXHAUST_HEAT7	-0.0698	0.014	-4.855	0.000	-0.098	-0.042
DIELEC_FIRE_TEMP_ANEAL_CH03	4.0035	0.834	4.803	0.000	2.370	5.637
DIELEC_FIRE_TEMP_HEAT1_CH03	3.1918	0.899	3.549	0.000	1.429	4.954
DIELEC_FIRE_TEMP_HEAT2_CH01	0.0248	0.574	0.043	0.965	-1.100	1.150
PHOS_FIRE_EXHAUST_HEAT2	-0.0636	0.013	-4.747	0.000	-0.090	-0.037
PHOS_FIRE_EXHAUST_HEAT3	-0.0211	0.013	-1.612	0.107	-0.047	0.005
PHOS_FIRE_EXHAUST_HEAT4	-0.0107	0.009	-1.185	0.236	-0.028	0.007
PHOS_G_DRY_PRES_END	0.7737	0.191	4.054	0.000	0.400	1.148
PHOS_G_DRY_PRES_START	-1.7608	0.381	-4.624	0.000	-2.507	-1.014
PHOS_G_DRY_TEMP_GLASS_OUT	0.0227	0.011	2.059	0.039	0.001	0.044
PHOS_G_DRY_TEMP_WALL_MAX	3.7104	1.035	3.585	0.000	1.682	5.739
PHOS_G_DRY_TEMP_GLASS_START	0.3058	0.491	0.623	0.533	-0.656	1.267
PHOS_R_DRY_PRES_END	-2.8291	0.622	-4.546	0.000	-4.049	-1.609
PHOS_G_DRY_TEMP_WALL_START	-2.2578	0.727	-3.106	0.002	-3.682	-0.833
PHOS_R_DRY_TEMP_GLASS_OUT	2.2325	0.544	4.102	0.000	1.166	3.299
PHOS_R_DRY_TEMP_GLASS_END	1.0462	1.522	0.687	0.492	-1.936	4.029
PHOS_R_DRY_TEMP_HOOD_MAX	-0.9438	0.239	-3.942	0.000	-1.413	-0.475
PHOS_R_DRY_TEMP_GLASS_START	-9.5062	2.007	-4.738	0.000	-13.439	-5.573
PHOS_R_DRY_TEMP_WALL_MAX	5.5261	1.205	4.584	0.000	3.164	7.889
PHOS_R_DRY_TEMP_WALL_START	-2.8622	0.634	-4.513	0.000	-4.105	-1.619

→ 전체 변수에 대한 로지스틱 회귀분석

BLACK_RTD_PRES_START, DIELEC_FIRE_EXHAUST_HEAT 4,
DIELEC_FIRE_EXHAUST_HEAT 6 등을 제외한 변수의 경우

》》 P-value 0.5 이하로 유의한 설명변수에 포함

전체 주요 변수 탐색

Logit Regression Results

Dep. Variable:	JUDGE	No. Observations:	2800
Model:	Logit	Df Residuals:	2780
Method:	MLE	Df Model:	19
Date:	Mon, 20 Jul 2020	Pseudo R-squ.:	0.01670
Time:	16:46:20	Log-Likelihood:	-949.92
converged:	True	LL-Null:	-966.05
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:	0.02915

	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
Intercept	-2.0627	0.296	-6.966	0.000	-2.643	-1.482
MC_1BLACK_1PRINT[T.2호기]	0.0609	0.131	0.466	0.641	-0.195	0.317
MC_1BLACK_2RTD[T.2호기]	-0.0138	0.127	-0.109	0.913	-0.263	0.236
MC_2AG_1PRINT[T.2호기]	-0.0075	0.127	-0.059	0.953	-0.256	0.241
MC_2AG_2RTD[T.2호기]	-0.1241	0.130	-0.955	0.340	-0.379	0.131
MC_2AG_3EXPOSURE[T.2호기]	-0.2223	0.128	-1.730	0.084	-0.474	0.030
MC_3BUS_1DEVELOP[T.2호기]	-0.1134	0.127	-0.890	0.374	-0.363	0.136
MC_3BUS_2FIRE[T.2호기]	0.1276	0.129	0.991	0.322	-0.125	0.380
MC_4DIELEC_1FIRE[T.2호기]	0.1579	0.151	1.049	0.294	-0.137	0.453
MC_4DIELEC_1FIRE[T.3호기]	-0.3870	0.162	-2.391	0.017	-0.704	-0.070
MC_5MGO[T.2호기]	-0.0157	0.127	-0.123	0.902	-0.265	0.234
MC_6PHOS_1R_1DISPENSER[T.2호기]	-0.1090	0.131	-0.834	0.404	-0.365	0.147
MC_6PHOS_1R_2DRY[T.2호기]	-0.0270	0.126	-0.214	0.831	-0.275	0.221
MC_6PHOS_2G_1DISPENSER[T.2호기]	-0.1286	0.130	-0.990	0.322	-0.383	0.126
MC_6PHOS_2G_2DRY[T.2호기]	0.0954	0.126	0.757	0.449	-0.152	0.342
MC_6PHOS_3B_1DISPENSER[T.2호기]	-0.0299	0.127	-0.235	0.814	-0.279	0.219
MC_6PHOS_4FIRE[T.2호기]	0.3707	0.169	2.191	0.028	0.039	0.702
MC_6PHOS_4FIRE[T.3호기]	0.4866	0.170	2.860	0.004	0.153	0.820
MC_7PASTE[T.2호기]	-0.0628	0.128	-0.492	0.623	-0.313	0.187
MC_8AGING[T.2호기]	-0.0664	0.126	-0.528	0.597	-0.312	0.180

Iterations: 35

Logit Regression Results

Dep. Variable:	JUDGE	No. Observations:	2406
Model:	Logit	Df Residuals:	2388
Method:	MLE	Df Model:	17
Date:	Mon, 20 Jul 2020	Pseudo R-squ.:	0.04405
Time:	16:42:50	Log-Likelihood:	-773.41
converged:	False	LL-Null:	-809.05
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:	1.297e-08

	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
Intercept	-1.2179	5.760	-0.211	0.833	-12.508	10.072
TAT_1BLACK_1PRINT	-0.0146	0.017	-0.840	0.401	-0.049	0.019
TAT_1BLACK_2RTD	0.0100	0.004	2.608	0.009	0.002	0.018
TAT_2AG_1PRINT	0.0496	0.024	2.045	0.041	0.002	0.097
TAT_2AG_2RTD	-0.1067	0.030	-3.576	0.000	-0.165	-0.048
TAT_2AG_3EXPOSURE	0.0007	0.002	0.416	0.678	-0.002	0.004
TAT_3BUS_1DEVELOP	-0.0091	0.003	-2.617	0.009	-0.016	-0.002
TAT_3BUS_2FIRE	0.0005	0.000	2.138	0.032	4.4e-05	0.001
TAT_4DIELEC_FIRE	0.0007	0.000	3.302	0.001	0.000	0.001
TAT_5MGO	-0.0015	0.004	-0.363	0.716	-0.010	0.007
TAT_6PHOS_1R_1DISPENSER	0.0194	0.009	2.068	0.039	0.001	0.038
TAT_6PHOS_1R_2DRY	0.0018	0.001	1.592	0.111	-0.000	0.004
TAT_6PHOS_2G_1DISPENSER	-0.0001	0.009	-0.014	0.989	-0.017	0.017
TAT_6PHOS_2G_2DRY	-0.0041	0.002	-1.820	0.069	-0.008	0.000
TAT_6PHOS_3B_1DISPENSER	-0.0203	0.011	-1.818	0.069	-0.042	0.002
TAT_6PHOS_4FIRE	-0.0003	0.000	-1.611	0.107	-0.001	6.18e-05
TAT_7PASTE	4275.5857	2.33e+04	0.184	0.854	-4.13e+04	4.99e+04
TAT_8AGING	4.667e-05	0.000	0.152	0.879	-0.001	0.001

→ 전체 변수에 대한 로지스틱 회귀분석

MC 4DIELEC_1FIRE 3호기, MC_6PHOS_4FIRE 2호기, MC_6PHOS_4FIRE 3호기, TAT_1BLACK_2RTD, TAT_2AG_1PRINT, TAT_2AG_2RTD, TAT_3BUS_1DEVELOP, TAT_3BUS_2FIRE, TAT_4DIELEC_FIRE, TAT_6PHOS_1R_1DISPENSER

》》 P-value 0.5 이하로 유의한 설명변수에 포함

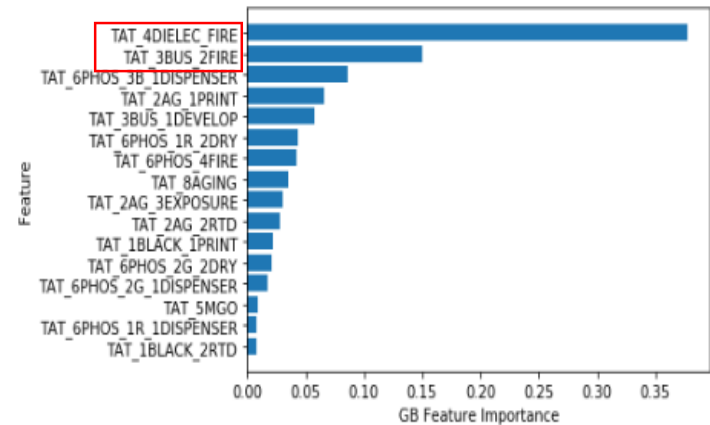
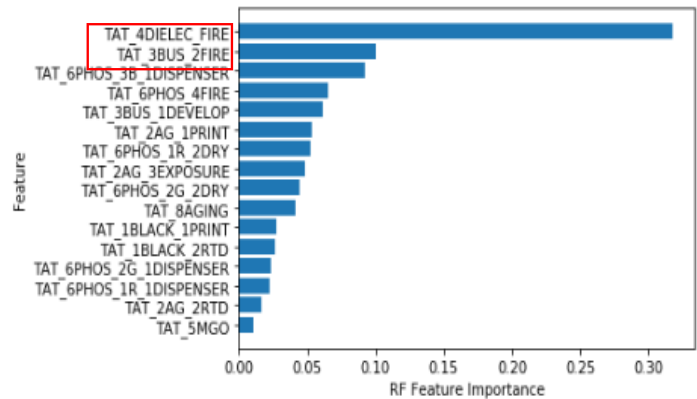
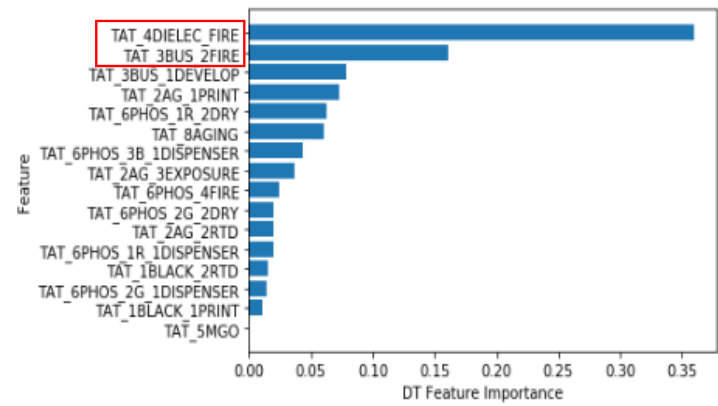
전체 주요 변수 탐색

	1호기	2호기	3호기	MAX 불량	MIN 불량	호기의 불량률 MAX-MIN(차이)
MC_4DIELEC_1FIRE	0.109	0.127	0.086	12.7%	8.6%	4.1%
MC_6PHOS_4FIRE	0.09	0.11	0.118	11.8%	9.0%	2.8%
MC_2AG_2RTD	0.117	0.095		11.7%	9.5%	2.2%
MC_3BUS_1DEVELOP	0.116	0.098		11.6%	9.8%	1.8%
MC_6PHOS_2G_2DRY	0.099	0.117		11.7%	9.9%	1.8%
MC_5MGO	0.101	0.112		11.2%	10.1%	1.1%
MC_6PHOS_1R_2DRY	0.112	0.102		11.2%	10.2%	1.0%
MC_3BUS_2FIRE	0.102	0.112		11.2%	10.2%	1.0%
MC_6PHOS_2G_1DISPENSER	0.111	0.102		11.1%	10.2%	0.9%
MC_6PHOS_3B_1DISPENSER	0.103	0.111		11.1%	10.3%	0.8%
MC_8AGING	0.11	0.103		11.0%	10.3%	0.7%
MC_1BLACK_2RTD	0.104	0.11		11.0%	10.4%	0.6%
MC_7PASTE	0.105	0.109		10.9%	10.5%	0.4%
MC_2AG_1PRINT	0.109	0.105		10.9%	10.5%	0.4%
MC_1BLACK_1PRINT	0.105	0.109		10.9%	10.5%	0.4%
MC_6PHOS_1R_1DISPENSER	0.108	0.105		10.8%	10.5%	0.3%
MC_2AG_3EXPOSURE	0.108	0.105		10.8%	10.5%	0.3%

→ 불량률에 영향을 미치는 주요변수의 순위화

MC_4DIELEC_1FIRE, MC_6PHOS_4FIRE, MC_2AG_2RTD, MC_3BUS_1DEVELOP

유의 작업시간 변수 탐색



변수명	기법	DT	RF	GB
TAT 유전체 소성		1순위	1순위	1순위
TAT 버스 소성		2순위	2순위	2순위
TAT 형광체 파란색 도포		-	3순위	3순위
TAT 버스 현상		3순위	5순위	5순위
TAT 형광체 빨강색 건조		5순위	7순위	5순위

유의 공정 탐색

재현성 제고와 관리 변수 조절을 위한 주요한 공정 파악

• 유의 설비

변수명 \ 기법	χ^2	DT	RF	GB
유전체 소성 설비	1순위	2순위	1순위	1순위
AG 전극 RTD 설비	3순위	1순위	9순위	5순위

AG 전극 RTD, 유전체 소성이 주요 설비로 선정됐으며 이에 대응되는 공정들을 살펴볼 필요가 있음

• 유의 작업 변수

변수명 \ 기법	DT	RF	GB
AG 전극 RTD 유리 출구 온도	1순위	1순위	1순위
BUS 현상 2번 TANK 온도	2순위	2순위	2순위
유전체 소성 5번 소성로 배기량	4순위	3순위	4순위

AG 전극 RTD 유리 출구 온도, 유전체 소성 5번 배기량, BUS 현상 2번 TANK 온도가 주요 작업 변수로 선정됐으며 이에 대응되는 공정들을 살펴볼 필요가 있음

AG 전극 RTD

BUS 현상

유전체 소성

- ✓ 유의 설비와 유의 작업 변수를 종합적으로 분석한 결과 위 세가지 공정이 명점을 발생시키는 유의한 공정임을 파악할 수 있음

주요 작업 변수 도출

전체 · 부분 최적화를 통한 주요 작업 변수 도출

〈 전체 최적화 〉

1위	Ag 전극 유리 출구 온도
2위	BUS 전극 현상 2번 TANK 온도
3위	BUS 전극 현상 1번 TANK 온도
4위	유전체 5번 소성로 배기량
5위	Ag 노광 MASK 온도

주요 공정에 포함된 작업 변수들을 모아 전체 최적화 수행

〈 부분 최적화 〉

AG RTD	Ag 전극 유리 출구 온도
	Ag 전극 감광 벽 시작 온도
BUS 현상	3번 TANK 온도
	3번 OVEN 온도
유전체 소성	5번 소성로 배기량
	7번 소성로 배기량
	1번 소성로 배기량

주요 공정에 포함된 각각의 작업 변수들을 최적화 수행

최상위 혹은 각각에서 모두 발견되는 작업 변수를 **주요 작업 변수로 도출**

주요 작업 변수 도출

< 주요 공정 별 최적 조건 >

Ag 전극 유리 출구 온도	BUS 전극 현상 2번 TANK 온도	유전체 5번 소성로 배기량
48.1℃ 이하	35.3℃ 이하	3244m³/min 이상

주요 공정 별 최적 조건은 추후 주요 작업 변수와 모델링을 통해 얻은
전체 최적 조건과의 비교를 통해 전체 최적 조건의 타당성을 증대시키고
각 공정들의 추세를 파악하기 위하여 살필 필요 있음

< 도출된 주요 작업 변수와 도메인 지식의 연결점 >

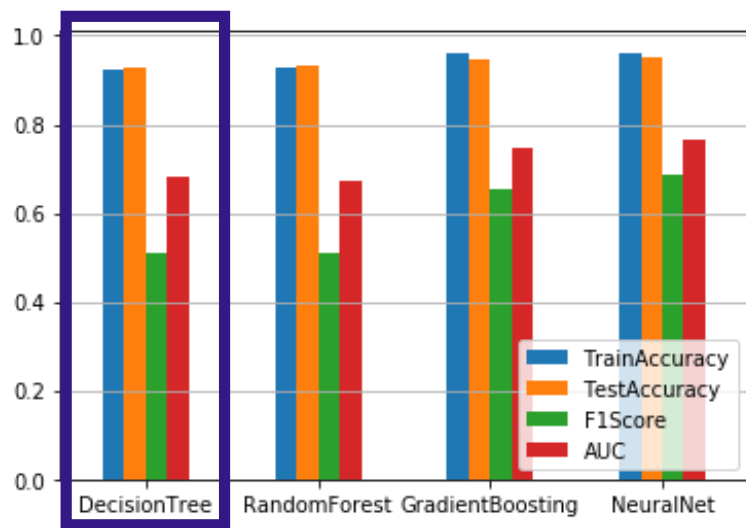
Vital Few

- Ag 전극 RTD 유리 출구 온도
- Ag 전극 RTD 감광 벽 시작 온도
- BUS 현상 3번 TANK 온도
- BUS 현상 2번 TANK 온도
- 유전체 소성 5번 소성로 배기량
- 유전체 소성 7번 소성로 배기량
- 유전체 소성 1번 소성로 배기량

도출한 주요 작업 변수들은 논문의 내용과 부합하기에
단순히 데이터만으로 주요 작업 변수를 주장할 때보다
논리적인 근거를 제시할 수 있음

분석 결과 : 전체/부분 최적 조건

설비, 작업시간, 작업 조건을 계층적으로 고려하여 종합적 불량을 제로화 실현



- ✓ 도출된 주요 작업 변수를 분류 알고리즘으로 모델링
- ✓ 양품, 명점을 분류하는 것이 목적이 아닌 불량 나오지 않도록 조건을 제어하는 것이 우리의 목표이기때문에 분류 조건을 확인 할 수 있는 **의사 결정 나무**를 선택

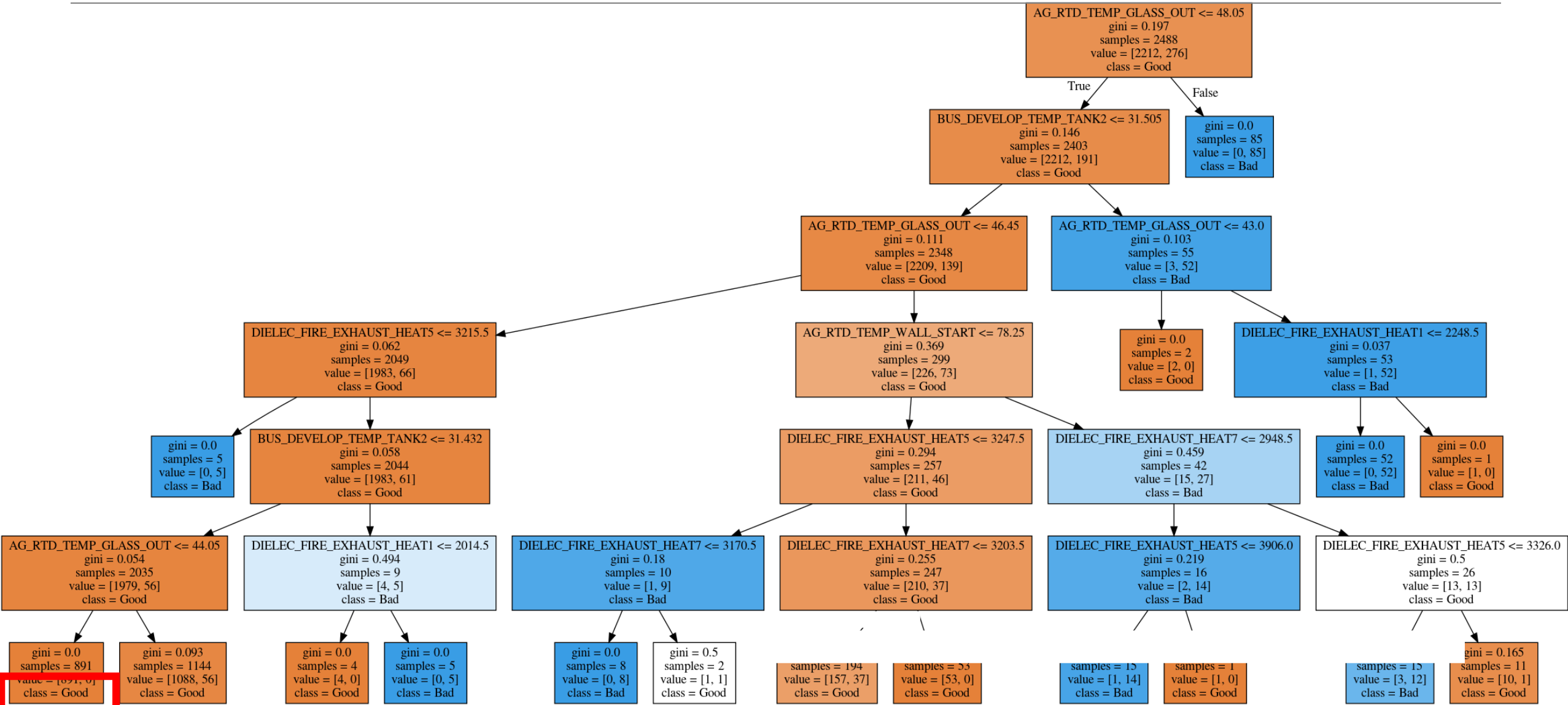
최적 조건

1. AG 전극 RTD 유리 출구 온도 $\leq 44^{\circ}\text{C}$

2. BUS 전극 2번 TANK 온도 $\leq 31^{\circ}\text{C}$

3. 유전체 소성 5번 소성로 배기량 $\geq 3215 \text{ m}^3/\text{min}$

분석 결과 : 전체/부분 최적 조건을 이용한 트리

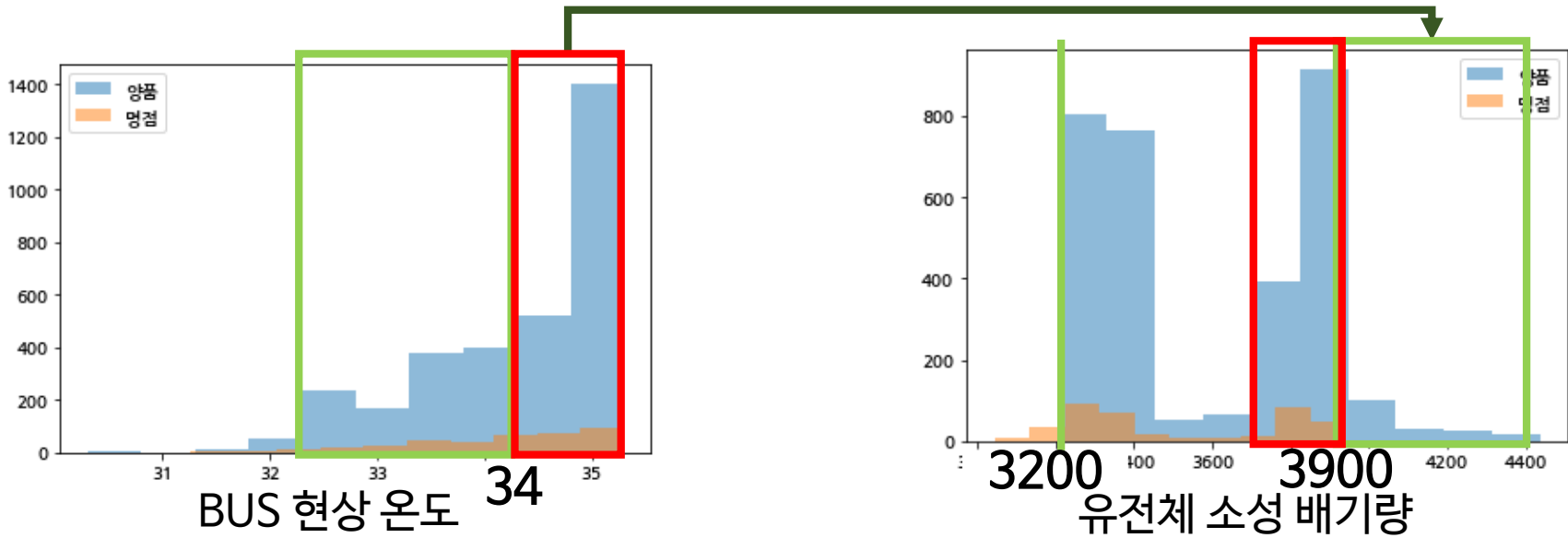


불량률 제로화 실현 가능

분석 결과 : 제약 조건 내의 최적화

앞서 최적조건을 찾았지만 변수들간에 정확한 인과관계를 규명한 것이 아니기때문에 선불리 적용할 수 가 없음
경로라는 제약조건을 추가함으러써 위험성과 제어 변수의 개수를 감소시킬 수 있음

Ag 전극 RTD		BUS 현상(온도℃)	유전체 소성 (배기량 m^3/min)		불량률
2호기	2호기	34 이상	1호기	3,200이상	5.7%
			2호기	3,900 이상	7.5%
				3,900 미만	13.2%
			3호기	3,200 이상	4.7%



BUS 현상(2호기, 34℃ 이상)로 진행한 Lot이 유전체 2호기로 진행해야 하는 제약 조건 하에서는 유전체 소성 배기량을 높여서(3,900 m^3/min 이상) 진행하면 불량률을 감소 가능(약 6%)

개선안

전체/부분 최적화



AG 전극 RTD
유리 출구 온도 $\leq 44^{\circ}\text{C}$

BUS 전극 2번
TANK 온도 $\leq 31^{\circ}\text{C}$

유전체 소성 5번
소성로 배기량 $\geq 3215\text{m}^3/\text{min}$

전체/부분 최적화에서 얻은 최적 조건을 해당 공정에 적용

전체 불량률 : 10.6% → 0% ➡ 총 106억 비용 감소 효과 기대

개선안

제약 조건 내의 최적화

상판공정



BUS 현상
2호기 온도 $\geq 34^{\circ}\text{C}$ 일 경우

유전체 소성
2호기 배기량 $\geq 3900\text{m}^3/\text{min}$ 설정

제약 조건 내의 최적화에서 얻은 최적 조건을 해당 공정에 적용

특정 경로 불량률 : 13.2% → 7.5% ➡ 총 57억 비용 감소 효과 기대

향후 계획

Pilot Test

전체/부분 최적화	목적	전체 최적화를 위한 개선안에 대해 필드에 적용 후 결과를 검증 (개선안 도출 보완)
	대상공정	AG RTD, BUS현상 , 유전체 소성
	일정	2020.08.01 ~ 2020.08.31 (3회 실시)
	주요내용	개선안 적용 후 실적 수합 분석 및 통계적 검증(카이제곱, ANOVA 검정)
	리스크 및 기대효과	Parameter 제어가 어려울 경우 수작업으로 제어해야 함 테스트를 통해 사전 리스크 발굴 및 개선
계약 조건 내의 최적화	목적	계약 조건 내 최적화를 위한 개선안에 대해 필드에 적용 후 결과를 검증(개선안 도출 보완)
	대상공정	AG전극 RTD(2호기)-BUS 현상(2호기)-유전체 소성(1, 2, 3호기)
	일정	2020.08.01 ~ 2020.08.31 (3회 실시)
	주요내용	개선안 적용 후 실적 수합 분석 및 통계적 검증(카이제곱, ANOVA 검정)
	리스크 및 기대효과	Parameter 제어가 어려울 경우 수작업으로 제어해야 함 테스트를 통해 사전 리스크 발굴 및 개선

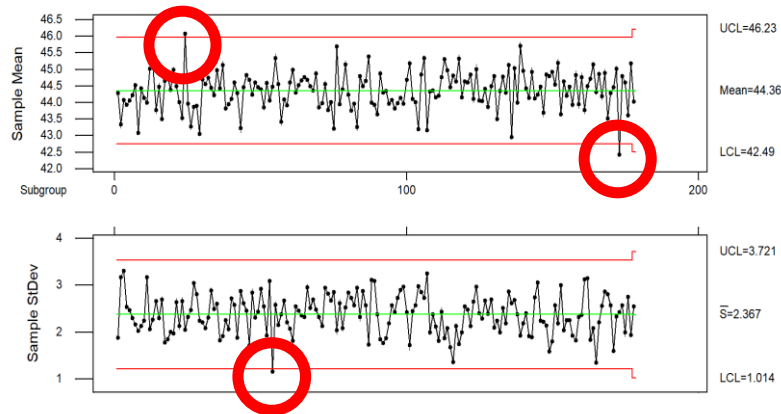
향후 계획

Process Control 계획

- ✓ 목적 : Control Chart를 활용하여 이상원인에 의한 편차를 최소화하여 공정 안정화
- ✓ 관리대상 공정 : AG_RTD & BUS 현상 온도, 유전체 소성 배기량
- ✓ 관리주기 : 3개월
- ✓ 이상 시 조치사항 : 이상원인의 편차가 발생시 현장조업 상황 조사 및 원인을 찾아 해결

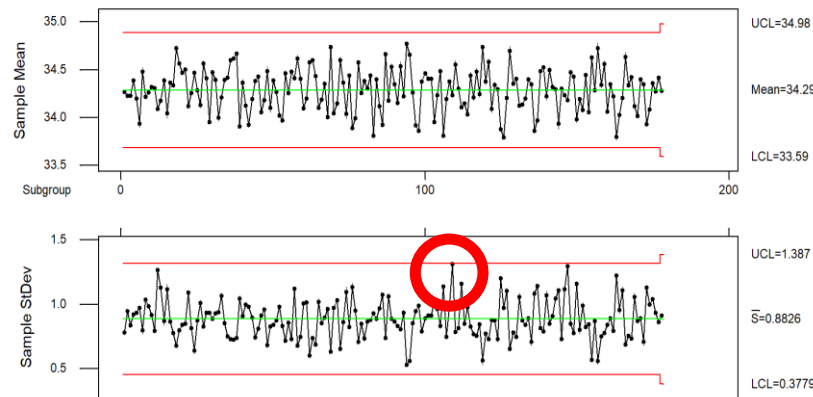
AG_RTD (온도)

Xbar/S Chart for RTD_온도



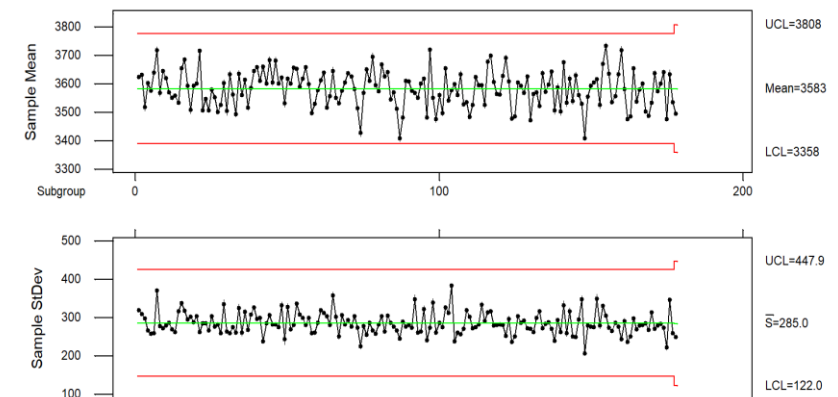
BUS 현상 (온도)

Xbar/S Chart for BUS_온도



유전체 소성 (배기량)

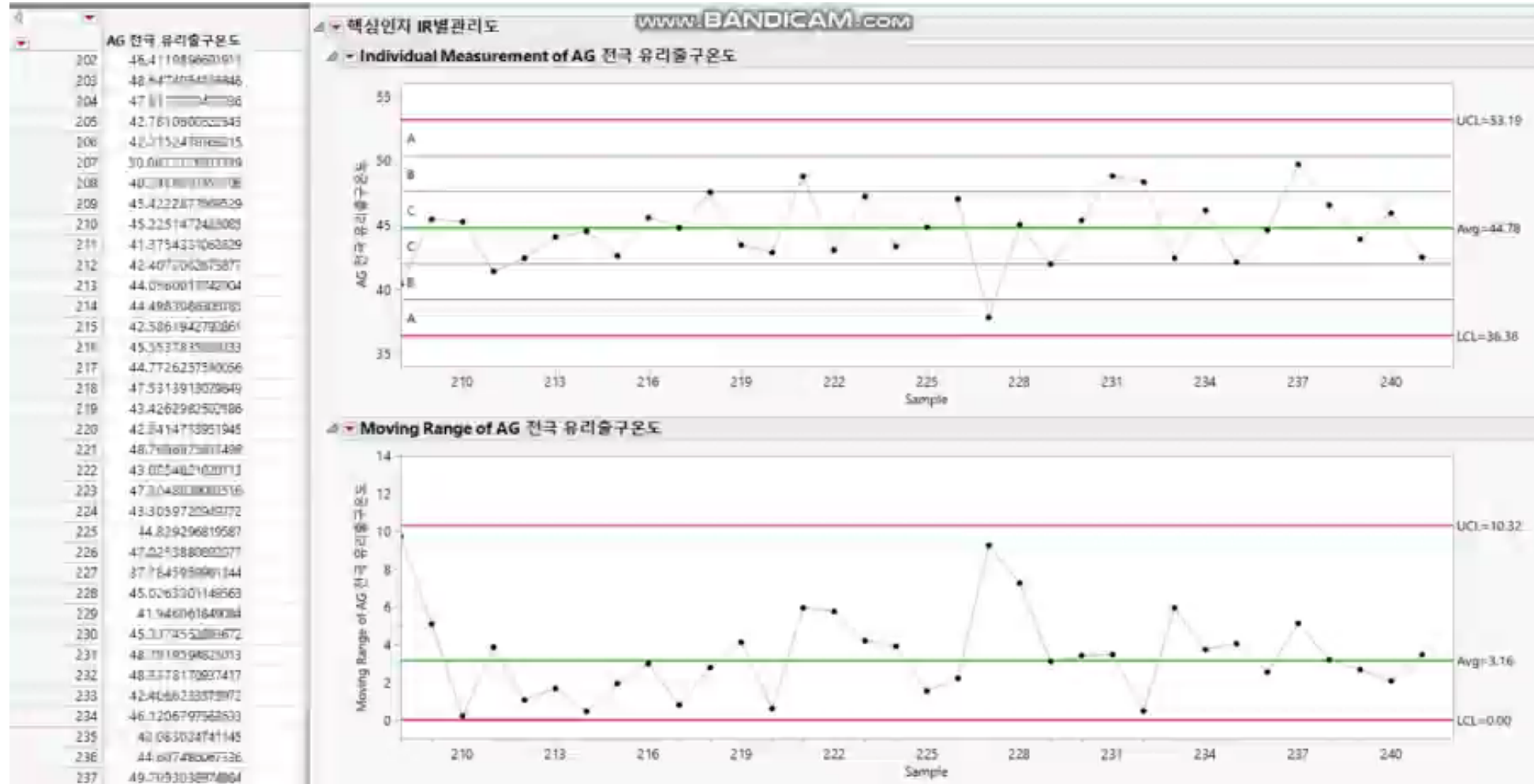
Xbar/S Chart for 배기량



프로세스 컨트롤

PDF 변환으로 동영상 재생이 안되어, 파일을 따로 첨부하였습니다!!!

실시간 관리도



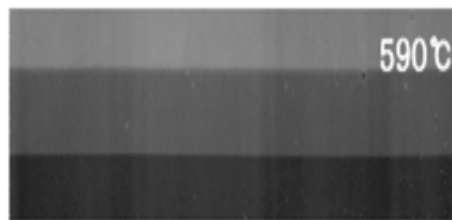
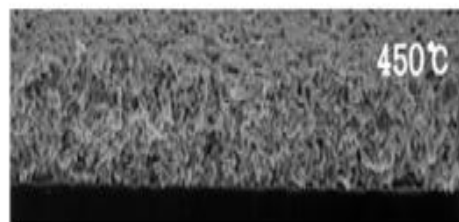
김재원	전반적인 데이터 관리 및 처리 과정에 대한 이해도를 높일 수 있었고, 팀 프로젝트가 원만한 방향으로 나아가는 방법에 대해 깊이 생각해볼 수 있었습니다.
김한결	제조공정 데이터를 처리하는데 있어서 도메인 지식의 중요성을 실감할 수 있었고, 조원들과 함께 진행하면서 많은 것을 배웠다.
성수호	경영학 전공자로서 생산프로세스의 구체적인 부분을 접하는 일이 거의 없었는데 이번 기회로 많이 배웠고 오히려 문외했던 분야에 대해 빅데이터를 하면서 데이터 분석 방법에 대해 탄탄한 기본기를 쌓을 수 있는 좋은 경험이었다.
이예랑	공정 데이터를 처음 접해 봐서 어려운 점도 많았지만 분석하면서 많이 배웠습니다. 분석하면서 데이터 및 비즈니스 상황 이해와 도메인 지식의 중요성을 느꼈습니다. 또한 데이터 분석 과정의 전반적인 이해를 높일 수 있는 기회였습니다.
인지윤	생산 프로세스에 대해 접한 적이 없어 처음 이해하는 것이 어려웠지만, 공정 데이터를 분석할 기회를 갖게 되어 좋았습니다. 분석 과정에서 어려운 부분은 교수님들의 친절한 설명 덕분에 이해하는 데 많은 도움을 얻어 감사했고, 무엇보다 함께 고생한 A 4조 우리 팀원들에게 수고 많았고 고맙다.
진성희	우리가 고른 데이터가 전혀 알지 못했던 생산 공정이라 힘들었지만 조원들과 열심히 데이터 분석하고 토론하면서 많이 배웠고 즐거운 시간이었다.



PDP-One

감사합니다

유전체를 더 높은 온도로 소성할 때 구멍이 균일하고 표면이 평평해져 불량률이 감소함



The firing process can be divided by 3 regions. At first stage the transmittance increases rapidly to 490 °C with firing temperature. Observation the SEM image of cross-section shows that the shape of pore is not round and condensation follows ceramic sintering mechanism. The surface is not flat and screen mesh mark is remained. Bottom layer is fired at this temperature because of high softening temperature. Next, the viscosity decreases as firing temperature increases. Due to the increase of surface fluidity, the path of pore removal is closed. As a result, the pores inside are trapped, causing the transmission decrease. Finally, as temperature increases the viscosity of glass drops and pores inside the glass can rise to the surface and disappear. Therefore, to protect electrodes under dielectric layer, it is recommended to fire the dielectric layer at first maximum temperature because the fluidity of glass is less than second maximum. The lower the fluidity of dielectric layer, the better the stability of electrodes.

공정에서 온도에 따라 Dielectric, Bus Electrode의 불량률이 달라짐

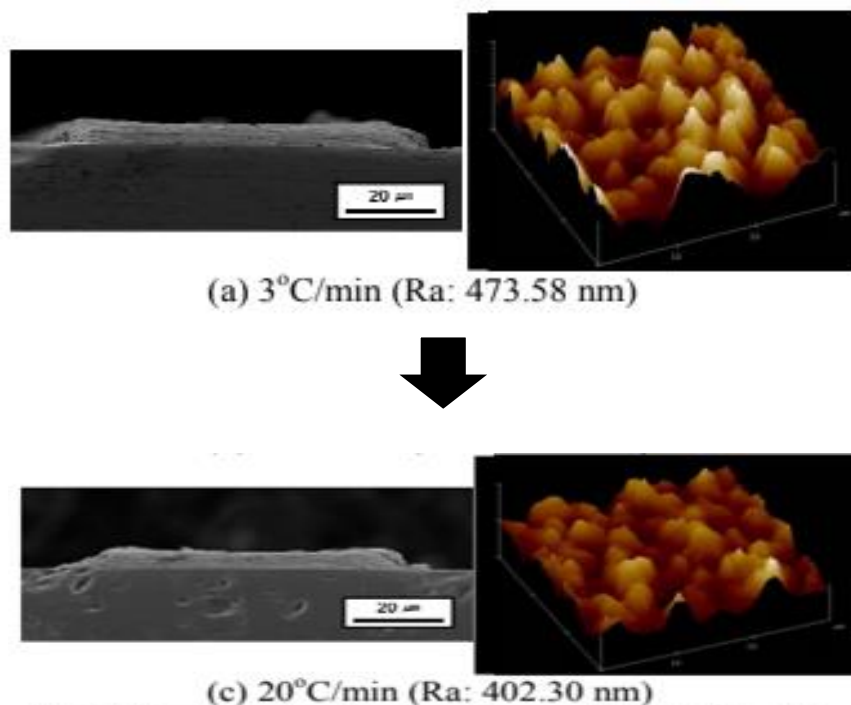


Fig. 2 Shape and surface roughness of electrode with heating rate during the sintering

The bus electrode was sintered by several heating rates: heating rates are 3, 10 and 20°C/min after binder burn-out. The heating rate controls the sintering time of glass frits within the electrode. Thus, the shape of the electrode was different with heating rates. This is due to the thermal behavior(s) of glass frits and silver powders within the electrode. Especially, glass frit could flow to bottom of the electrode because the glass transition point (T_g) of frit for the electrode is low temperature comparing to the sintering temperature (580°C).

In case of the electrode sintered 3°C/min after binder burn-out, its surface was the roughest among three samples having different heating rate as shown in Fig. 2. In each sample, the value of surface roughness (R_a) was 473.58, 407.99 and 402.30 nm and firing time was 93, 28 and 14min, respectively. The sample with the heating rate of 3°C/min has longer firing time than others after burn-out. This result means that the firing time after binder burn-out has influence on the thermal behaviors of frits within the electrodes.

Ag(은) 전극, Bus 전극, 유전체 전극은 공정에서 차례대로 작업되지만 최적의 작업 온도는 서로 다름

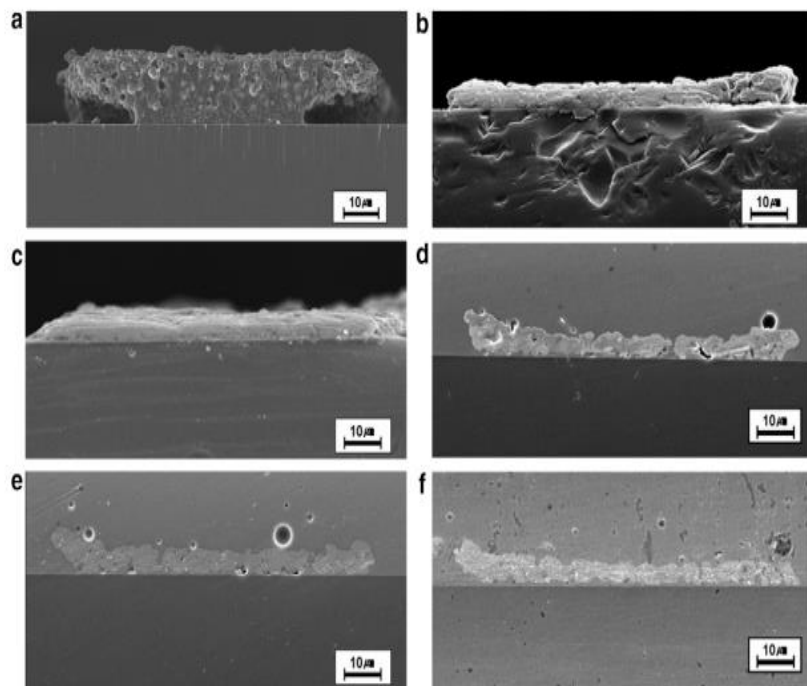


Fig. 4. Shape change of the electrodes according to the firing condition (a) after developing (no firing), (b) first firing the electrode at 580 °C, (c) second firing the electrode at 580 °C, (d) firing the electrode with dielectric at 560 °C, (e) firing the electrode with dielectric at 580 °C, (f) firing the electrode with dielectric at 600 °C.

the Ag electrode (361 °C) was quite low compared with the sintering temperature of the bus electrode (580 °C). Therefore, in the case of the second sintering of the bus electrode without the transparent dielectric, the frits within the bus electrode flowed down the bottom of the electrode and spread (Fig. 4c). However, in the case of re-sintering the bus electrode with the transparent dielectric, the frits within the bus electrode did not spread. Therefore, thermal behavior of transparent dielectric affects the shape change in the bus electrode during sintering.

Initially, the shape change of bus electrode was observed in order to determine the effect of the transparent dielectric on the bus electrode under several sintering conditions (after developing, after first sintering, after second sintering and second sintering with a transparent dielectric coating at 560, 580 and 600 °C). The edge-curl and under-cut phenomena did not occur after the bus electrode was sintered without the transparent dielectric, as shown in Fig. 4b and c. On the other hand, the edge-curl and under-cut phenomena appeared after sintering the bus electrode with the