

스테인레스 냉연공장 가동대비조업 Simulation분석

(Simulation for Preparing Operation in Stainless Cold Rolling Mill)

김 영 일

포항종합제철(주) IE실

* 요 약 *

본 연구의 목적은 포항제철소 스테인레스 냉연공장 가동계획에 의거 Stainless 소둔산세공장 H-CPL 에서 냉연공장 정정Line까지의 Material Flow 및 설비운영상 제약사항을 Simulation 하므로써 생산성 향상에 필요한 조업대비 기준 및 문제점을 도출하여 정상조업도 조기 달성에 기여하고자 한다.

1. 서 론

분석대상 설비인 스테인레스 냉연공장은 당사 처녀조업 설비로서 과거의 경험이나 기술축적이 없는 상태에서 건설하고 있기 때문에 공장 정상가동시 발생할 수 있는 여러 문제점에 대한 분석·검토가 절실한 실정이다.

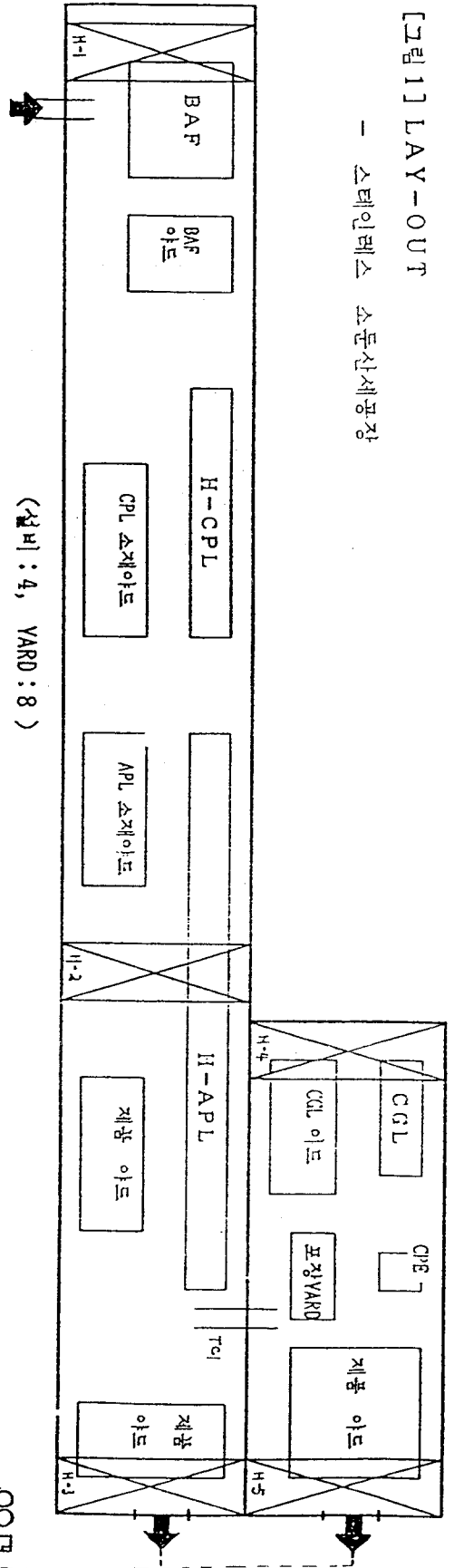
또한 스테인레스제품은 고부가가치 제품으로서 각 설비능력의 최적가동을 통한 생산성 향상이 필요할 뿐아니라, 공정간 MATERIAL FLOW에 대한 분석 또한 시급한 실정이다.

따라서 이러한 상황을 감안하여 스테인레스 냉연공장 가동전에 COMPUTER SIMULATION 을 실시하여 발생가능한 문제점을 도출하고, 그 대처방안을 강구할 뿐아니라, 생산성 향상을 위한 계획수립 GUIDANCE를 제시함으로써 조기 정상조업도를 도모코자 한다.

본 연구에서는 SIMULATION LANGUAGE 로 SLAMⅡ를 사용하였고 SIMULATION 수행시간은 각 YARD별 적정 제공량을 초기치로 주어진 상태에서 1개월간으로 하여 통계분석을 실시하였다.

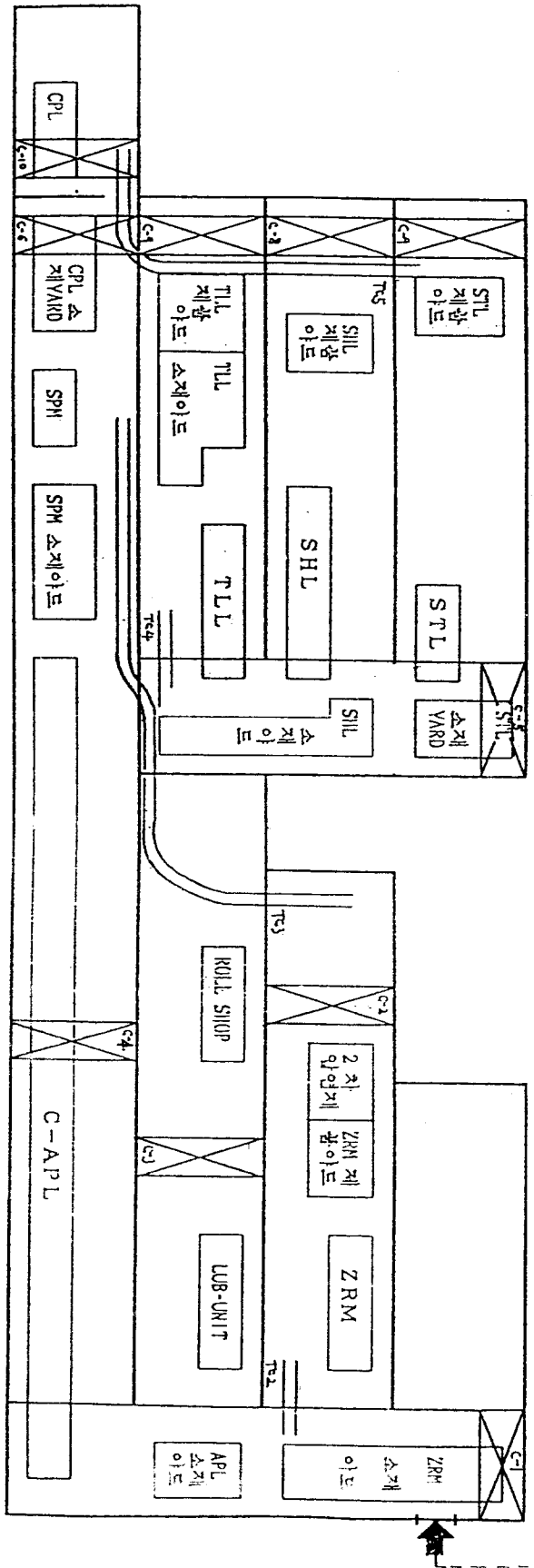
[그림 1] LAY-OUT

- 스테인레스 소둔선세공장



(설비 : 4, YARD : 8)

- 스테인레스 냉연공장



(설비 : 7, YARD : 11)

2. 설비현황 및 MATERIAL FLOW

스테인레스공장은 크게 제강공장, 소둔산세공장, 냉연공장의 3개 공장으로 이루어져 있다. 제강공장은 원료광석을 전기로(EAF), 정련로(UBD) 를 거쳐 생산된 용강을 연주기로 SLAB와 BLOOM 을 생산하는 공장이며 여기서 생산된 SLAB는 열연공장에서 압연후 대차를 통해 스테인레스 소둔 산세공장으로 보내지게 된다.

소둔산세공장에서는 이송된 COIL을 H-CPL (코일준비 LINE), BAF(일괄소둔로), H-APL(소둔산세 LINE) 을 거쳐 COIL의 약 80%는 AP-COIL 로 출하가 되며, 불량인 제품은 CGL(COIL - GRINDING LINE)공정을 거치게 된다.

소둔산세공장에서 생산된 COIL중 약 18%는 트레일러로 냉연공장으로 이송되어 ZRM(냉간압연), C-ALP, SPM(조질압연), CPL(연마광택) 등을 거쳐 각 정정LINE인 TLL(형상교정),SHL(전단공정), STL(절단공정) 에서 제품을 생산하여 출하하게 된다.

냉연공장에서 생산되는 제품은 COIL 14%, SHEET 60%, SKELP 26% 이며 이를 다시 강종별로 구분 하면 AUSTENITE 70%, FERITE 26%, MARTENSITE 4%로 구성된다.

본 SIMULATION대상 설비현황은 [표 1] 과 같고 LAYOUT은 [그림 1] 와 같다.

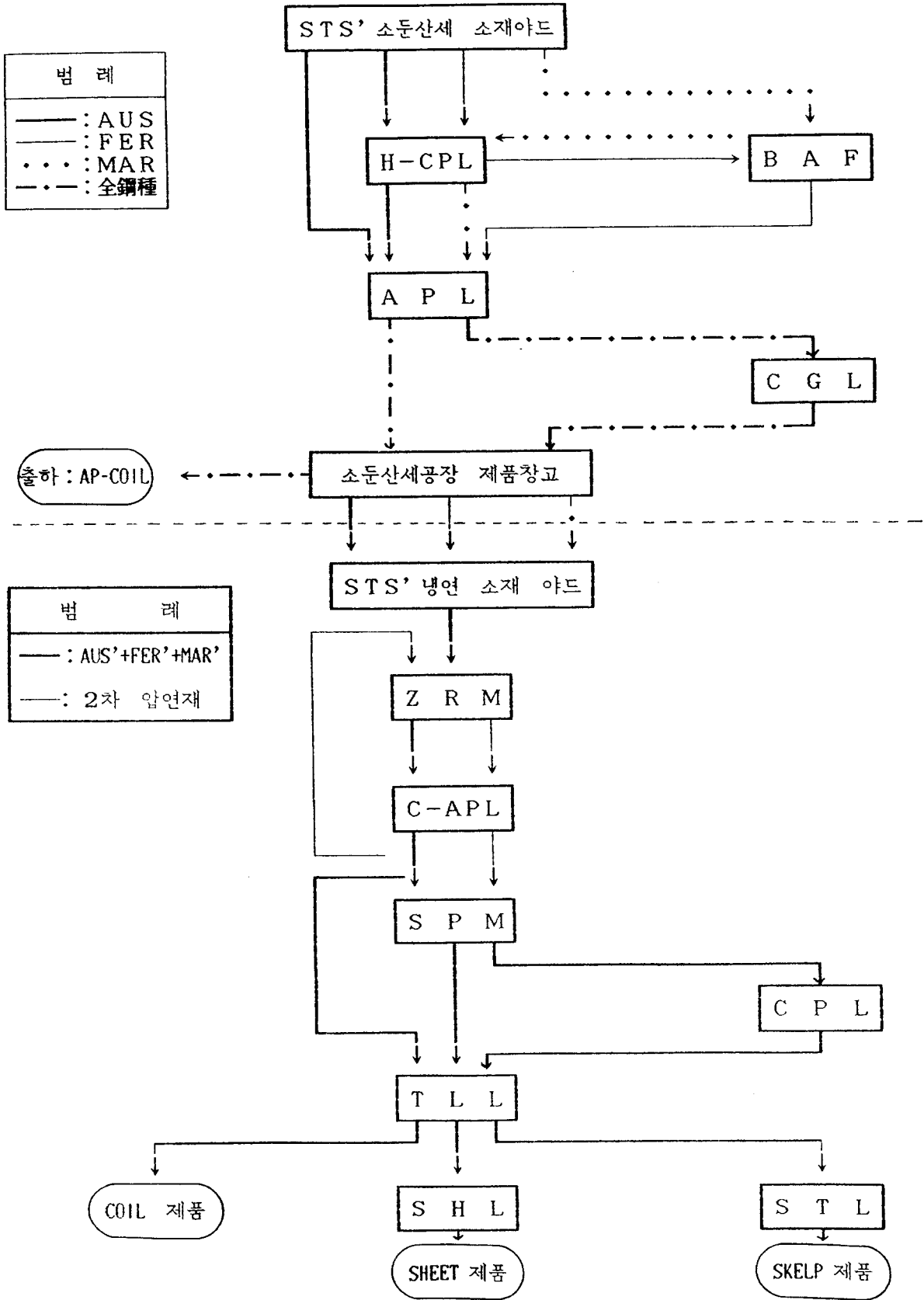
[표 1] 설비현황

구분	공장명	대상공정
기존	스테인레스 소둔산세공장	BAF, H-CPL, H-APL CGL, CPE
신설	스테인레스 냉연공장	ZRM, C-APL, SPM, CPL TLL, SHL, STL

소재처리 PATTERN 은 공장별로 상이한데 소둔산세공장은 강종에 따라 처리PATTREN 이 크게 달라 지고 냉연공장은 표면평탄도의 정도에 따라 경유공정이 상이하다. 특히, 제품두께가 0.6mm 이하를 요구하는 제품에 대해서는 C-APL 공정을 거친후 ZRM 공정에서 2차압연을 실시하여야 한다.

자세한 MATERIAL FLOW 는 [그림 2] 과 같다.

[그림 2] MATERIAL FLOW



3. SIMULATION 방법

3.1 검토범위

본 연구의 검토범위는 스테인레스 냉연공장 가동계획에 의거하여 스테인레스 소둔산세공장 H-CPL 에서 냉연공장 정정 LINE 까지의 아래 사항을 대상으로 하였다.

- 1)CGL LINE 작업부하
- 2)설비별 BOTTLE NECK 공정분석
- 3)LINE간 물류 이송장비 부하율 추정
- 4)YARD능력 및 활용기준 분석

3.2 전제사항

SIMULATION 수행에 필요한 DATA의 전제사항은 다음과 같다.

- 1)각 설비별 조업제원치는 조업실적 DATA 및 설비사양서를 기준한다.
- 2) H-APL작업 물량중 불량 발생율이 10%, 15%, 20%, 25%, 30% 의 5가지 CASE로 예상하여 CGL LINE 투입물량을 결정한다.
- 3)냉연공장의 표면사상별 처리 FLOW는 2D, 2B, 연마재로 구분하고, 2 차압연재는 두께 0.6mm 이하로 적용한다.
- 4)정기수리는 2주에 1회 실시하고 수리시간은 12Hr/회 로 하되, 모든공정 (BAF 제외) 은 동시에 실시하는 것으로 한다.
- 5) STS' 소둔산세 공장 ~ 냉연공장 까지의 소재이송 TRAILER 의 능력검토는 제외한다.
- 6)STS'냉연공장 2단계 확장공사에 대한 것은 대상에서 제외한다.

3.3 적용 DATA

- 1)각 공정별 처리PATTERN 의 상이로 인한 소재구성비는 [표 2], [표 3], [표 4] 와 같다.
- 2)공정별 처리시간은 강종에 따라 상이하기 때문에 강종별로 각각의 소재단종과 공정별 TON/HOUR을 이용하여 다음의 식으로 구한다.
$$\text{MIN/COIL (COIL당 처리시간)} = (\text{TON/COIL} / \text{TON/HOUR}) \times 60$$
여기서, 각 DATA의 분포는 정규분포를 적용하였으며 자세한 처리시간은 [표 5] 와 같다.

[표 2] 강종별 표면사상별 소재구성비 (단위 : 톤)

구 분	2 B, 연마재	2 D	계 (%)
AUS'	33,000	1,700	35,000 (70%)
FER'	12,000	1,000	13,000 (26%)
MAR'	500	1,500	2,000 (4%)
계	45,800	4,200	50,000

*적용설비 : C-APL

[표 3] 두께별 표면사상별 소재구성비 (단위 : 톤)

구 분	2 B, 연마재	2 D	계 (%)
$0.3 \leq T < 0.6$	13,250	-	13,250 (26.5%)
$0.6 \leq T < 1.0$	19,650	-	19,650 (39.3%)
$1.0 \leq T < 1.6$	6,100	-	6,100 (12.2%)
$1.6 \leq T$	6,800	4,200	11,000 (22.0%)
계	45,800	4,200	50,000

*적용설비 : SHL

[표 4] 폭별 표면사상별 소재구성비 (단위 : 톤)

구 분	2 B, 연마재	2 D	계 (%)
3 Feet	22,150	250	22,400 (44.8%)
4 Feet	15,650	2,150	17,800 (35.6%)
5 Feet	8,000	1,800	9,800 (19.6%)
계	45,800	4,200	50,000

*적용설비 : ZRM, SPM, C-CPL, TLL, STL

[표 5] 강종별 공정별 처리시간

(단위 : 분/COIL)

강종 공정명	AUS'		FER'		MAR'		
	평균	편차	평균	편차	평균	편차	
H - C P L	28	4	28	4	28	4	
B A F	-	-	3180	220	4320	220	
H - A P L	19	3	19	3	19	3	
C G L	125	20	120	20	120	20	
ZRM	1차	69	7	67	7	67	7
	2차	66	7	64	7	64	7
APL	1차	72	7	70	7	70	7
	2차	69	7	67	7	67	7
S P M	87	8	84	8	84	8	
C P L	409	40	395	40	395	40	
T L L	86	8	83	8	83	8	
S H L	137	15	132	15	132	15	
S T L	253	30	244	30	244	30	

3. 4 물류장비별 작업범위 및 시간

소둔산세공장은 CRANE 이 5 대, 대차가 1 대, 냉연공장은 CRANE 이 9 대, 대차가 4 대이다. 이들 장비들에 대한 각각의 작업범위를 구분하고 각각의 작업들에 대한 우선순위를 부여하여 동시작업 발생시 [표 6] 과 같이 처리기준을 정하였고, 각 공정별 작업PATTERN 은 [표 7] 과 같다.

[표 6] 물류장비별 작업범위 및 시간

공 장	운반수단	작업우선순	작업범위	운반시간 (정규분포)
소둔산세	CRANE-1 (H-1)	1	• COIL을 BAF BASE로 운반	(14, 3, 1)
		2	• BAF 설치(FURNACE, INNER COVER)	(18, 2, 1)
		3	• BAF 해체(FURNACE, INNER COVER, COOLING HOOD)	(27, 3, 1)
		4	• BAF COIL 취출(BAF BASE, COOLING BED)	(12, 2, 1)
냉 연	CRANE-6 (C-1)	1	• ZRM 소재를 TRAILER.에서 ZRM 야드로 운반	(5, 1, 3)
		2	• ZRM 소재 대차에 상차	(5, 1, 3)
		3	• ZRM 생산품을 C-APL 야드에 투입	(5, 1, 3)
		4	• C-APL LINE에 소재장입	(5, 1, 3)
냉 연	대차-1 (T/C-1)	1	• 소재운반	(2, 0.5, 1)
		2	• 소재운반 (C-CPL 입측야드, C-CPL 입측)	(2, 0.5, 1)
		3	• 소재운반(C-CPL출측, TLL)	(3, 0.5, 1)

[표 7] 공정별 작업PATTERN

공정명	작업 PATTERN	비 고
H-APL	MAR'강종 → FER'강종 → AUS'강종 (50 COIL) (126 COIL) (335 COIL)	강종기준
CGL	MAR'강종 → FER'강종 → AUS'강종	
ZRM	5 FEET → 4 FEET → 3 FEET (9 COIL) (17 COIL) (22 COIL)	폭기준
SHL	박물 → 中박물 → 中후물 → 후물 (5 COIL) (3 COIL) (2 COIL) (3 COIL)	

박물 : T < 0.6
 中박물 : 0.6 ≤ T < 1.0
 中후물 : 1.0 ≤ T < 1.6
 후물 : T ≥ 1.6

*각 공정 공히 해당처리 소재가 없으면 다음 소재투입

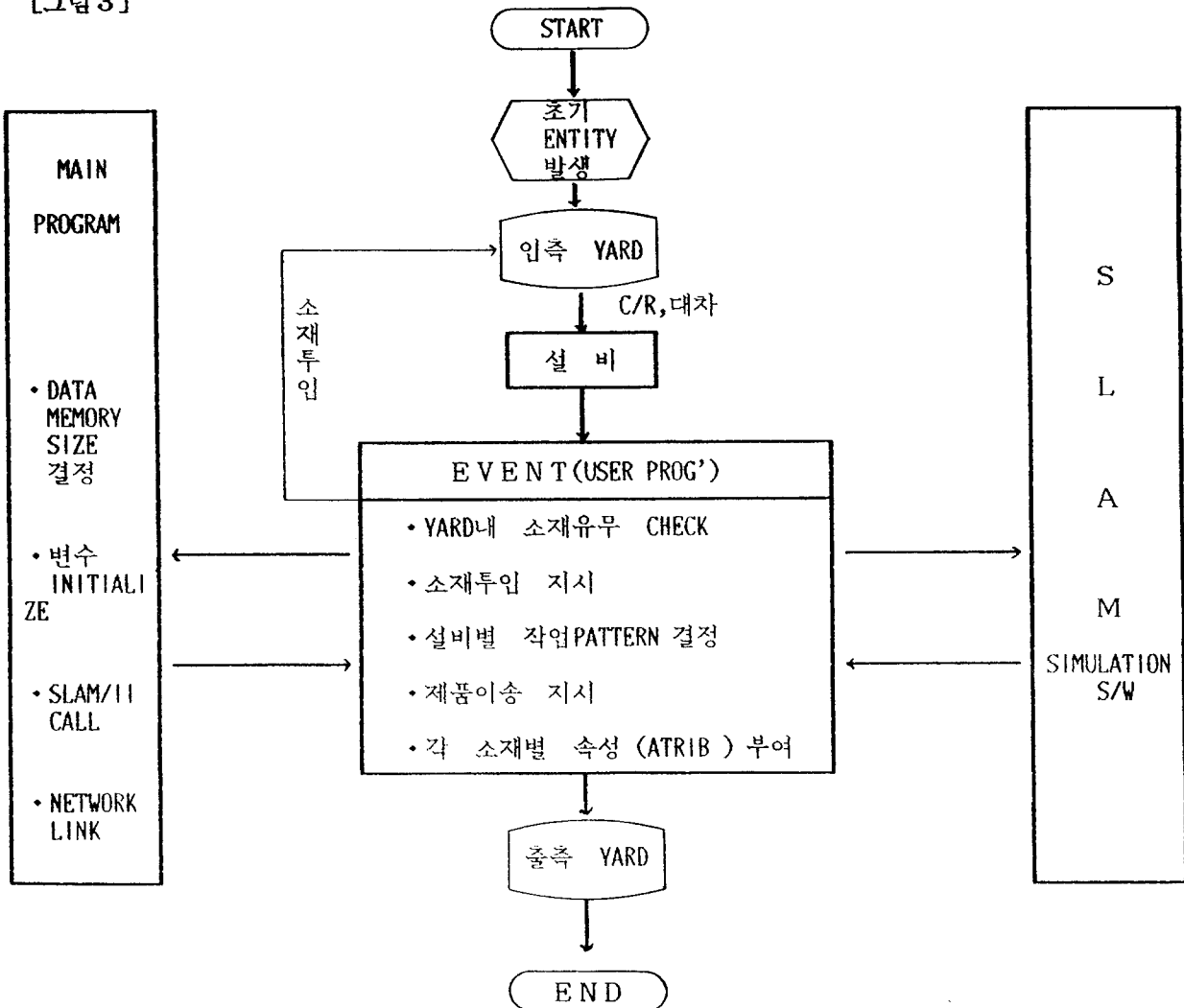
4. SIMULATION 결과

4.1 SIMULATION 수행 FLOW

먼저, 일정시간 간격으로 ENTITY (소재COIL) 을 발생시켜 입측야드에 투입하면, 물류이송장비인 CRANE 이나 대차로 설비에 장입한다. 설비에서 공정을 마친 소재는 EVENT 를 INVOKE 한다. EVENT 에서는 YARD내 소재유무를 CHECK 하고 소재별 속성(ATRIB) 을 부여해서 소재투입지시를 하며 각 설비별 작업PATTREN 을 결정하며 공정을 마친 소재는 후공정으로 향하게 된다.

SIMULATION 수행FLOW를 간략하게 나타내면 [그림 3] 과 같다.

[그림 3]



4. 2 SIMULATION 결과분석

4. 2. 1 CGL LINE 작업부하 검토

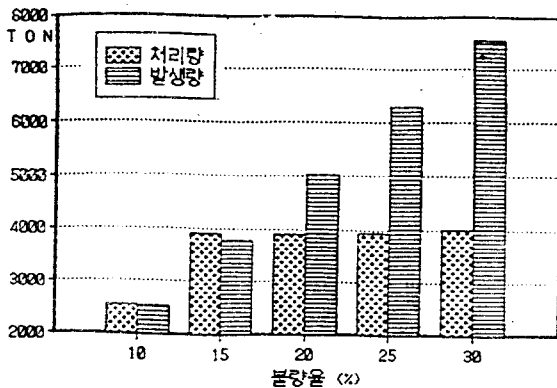
H-APL 공정 통과COIL의 표면품질 불량율이 10% ~ 30% 의 5 가지 CASE에 대해 SIMULATION 한 결과 [표 8]과 같이 나타났다.

[표 8] 처리물량 및 YARD재공

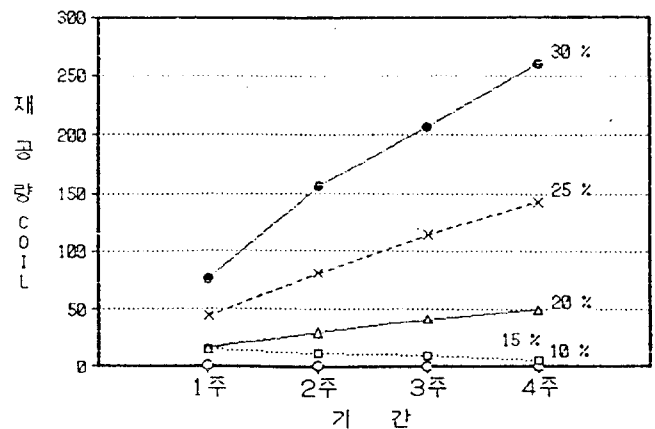
구 분		10%	15%	20%	25%	30%
작업율 (%)		60.3	92.2	93.0	92.7	93.6
불량재 (T/월)	발생량(A)	2,512	3,769	5,024	6,280	7,535
	처리량(B)	2,520	3,898	3,903	3,951	4,007
	증감(B-A)	+8	+129	-1,121	-2,329	-3,528
Y A R D 재공 (COIL)	1주	2	15	16	44	75
	2주	1	12	30	80	156
	3주	0	10	41	114	207
	4주	0	6	50	143	260
	최대재공량	6	22	58	143	283
	재공량추세	감소	감소	증가	증가	증가
	비 고	CGL YARD 능력 : 236				

표면품질 불량율이 20% 이상 발생시 [그림 4]과 같이 불량발생량 대비 처리량의 미달로 납기 지연이 예상되며, [그림 5]에서 보는바와 같이 CGL 소재야드 재공COIL 추이 또한 불량율이 20% 이상 발생시 기간이 증가함에 따라 COIL재공 누적으로 YARD부족현상이 발생함을 알수있다.

[그림 4] 발생량 대비 처리량



[그림 5] CGL 소재야드 재공COIL 추이



4. 2. 2 LINE간 BOTTLE NECK 공정 분석

공정별 처리량을 살펴보면 BAF 공정을 제외한 전공정이 설비계획량을 만족하고 있지만 BAF

공정은 BOTTLE NECK 공정으로서 월간 약 2,000 TON 감산이 예상된다.

[표 9] 공정별 처리량

(단위 : TON/月)

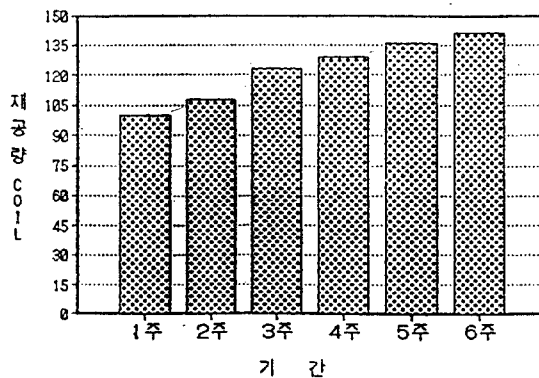
구분	H-CPL	BAF	H-APL	ZRM	C-APL	SPM	CPL	TLL	SHL	STL
처리량(A)	14,131	6,316	25,737	6,241	6,045	4,724	968	4,616	2,921	1,426
설비계획량(B)	13,750	8,468	25,630	6,275	6,275	4,116	833	4,449	2,697	1,169
증감(A-B)	+381	-2,152	+107	-34	-230	+608	+135	+167	+224	+257

스테인레스 냉연공장의 C-APL, SPM, C-CPL 공정에서 처리된 COIL이 TLL 소재YARD에 전량 집결된 후 TLL 을 거쳐 정정설비(SHL,STL) 로 분산 투입되고 있어 TLL 설비는 설비계획량 대비 처리량을 만족시키지만 [그림 6] 에서 나타난 바와 같이 TLL 소재YARD의 재공COIL 수가 시간이 경과함에 따라 누적되는 현상이 나타나고 있어 TLL 소재YARD 또한 BOTTLE NECK 로 판단된다.

[표 10] YARD별 재공 COIL수

(단위 : COIL)

기간 YARD 명	1주	2주	3주	4주	5주	6주	최대 재공량	YARD 능력
ZRM	117	132	120	117	101	99	135	370
C-APL	125	124	124	121	120	118	128	150
SPM	55	40	32	17	5	0	77	84
C-CPL	28	26	24	26	23	21	30	30
TLL	100	108	123	129	136	141	142	160
SHL	64	71	62	56	56	59	71	118
STL	28	12	2	0	0	2	34	45



[그림 6] TLL 소재야드 재공COIL 추이

4. 2. 3 LINE별 물류장비 가동율 분석

냉연공장의 각 LINE별 물류이송장비(CRANE, 대차)의 순작업율은 [표 11]과 같이 전반적으로 낮은 것으로 나타나고 있으나 이는 PLANT LAYOUT상 LINE별 1대의 이송장비 설치가 불가피 할 뿐 아니라, 향후 2 단계 확장공사 후에는 순작업율이 증가할 것으로 판단된다.

[표 11] 물류장비 가동율

구 분	CRANE		TRANSFER CAR	
	CRANE NO	순작업율(%)	대차 NO.	순작업율(%)
소 둔 산 세 공 장	H-1	41	TC-1	6
	H-2	40		
	H-3	26		
	H-4	19		
	H-5	41		
냉 연 공 장	C-1	21	TC-2	5
	# C-2	15	TC-3	3
	C-4	8	TC-4	0.2
	C-5	10	TC-5	3
	C-6	10		
	# C-7	10		
	# C-8	9		
	# C-9	7		
	C-10	2		

#:2 단계 확장시 해당LINE의 설비증설

5. 결 론

STS'소둔산세 및 냉연공장의 정상조업도 조기달성을 위한 SIMULATION분석 결과는 다음과 같다.

첫째, BAF 설비는 6 FUR', 11 BASE 체제 하에서 계획물량대비 감산이 예상되므로 6 FUR', 11 BASE → 8 FUR', 15 BASE 의 설비증설 또는 BAF 설비 경유재(FER', MAR')의 물량조정, 소재단중 조정 등이 필요하다.

둘째, CGL 설비는 COIL 제품표면 품질불량율이 20% 이상 발생시 YARD부족 및 납기지연 등이 예상되므로 H-APL 공정에서 제품 표면품질 불량율을 최소화 할 수 있는 설비보완(HELPE-R ROLL 재질변경 등) 및 소둔산세 기술의 LEVEL-UP이 필요하다.

셋째, STS'냉연공장의 TLL 소재YARD가 BOTTLE NECK 공정으로 예상되므로 C-APL, SPM, C-CPL 처리재 중 표면평탄도의 정도가 양호한 것은 TLL을 거치지 않고 SHL, STL LINE 에서 직접 처리 되도록 작업PATTERN 변경이 필요하다.

* 참고 문헌 *

1. A.Alan B.Pritsker, "Introduction To Simulation and SLAMII", John Wiley & Sons, 1986
2. LAW.A.M and W.D.Kelton, "Simulation Modeling and Analysis", McGraw-Hill,New-York, 1982
3. POSCO, "Stainless 냉연공장 조업대비계획", 1990
4. POSCO, "Stainless냉연 판매준비계획", 1990