LEAN 당기기 생산방식 구현을 위한 12가지 질문 Ⅱ

LEAN 당기기 생산방식의 구현❷ … 질문6, 질문7, 질문8, 질문9에 대한 답

글◆강신철 | 한국품질경영학회 린경영연구회장 · 한국린경영연구원 부원장 · 한남대학교 경영정보학과 교수(ntiskang@paran.com)

지난 8월호에 이어 공장 수준에서 LEAN 당기기 생산방식을 구현하는 방법을 설명하고자 한다. LEAN 당기기 생산방식을 구현하기 위해서는 12가지 질문에 순서대로 답을 해나가야 하는데, 지난 호에 세아산업은 다섯 가지 질문에 대해 모두 답을 했다. 외부미러의 속도조절공정으로 조립 셀을 지정하였고, 평준화를 통해 각 제품의 혼합생산 물량과 순서가 정해졌다. 이번 9월호에서는 질문6, 질문7, 질문8, 질문9에 대한 세아산업의 답을 통해 조립 셀에서 어떻게 수요정보를 상류로 전달해야 하는지 알아본다. 〈편집자〉

연재순서

2010년

02월 LEAN생산방식의 개요
▼
03월 LEAN생산방식의 구성요소와 핵심개념
▼
04월 LEAN생산방식 구현을 위한 도구와 기법
▼
05월 가치흐름지도 그리기
▼
06월 해외 중소기업 LEAN경영 사례❶
▼
07월 국내 중소기업 LEAN경영 사례❶
▼
08월 LEAN 당기기 생산방식의 구현❶
▼
09월 LEAN 당기기 생산방식의 구현❷
▼
10월 LEAN 당기기 생산방식의 구현❸
▼
11월 LEAN 공급사슬의 구축
▼
12월 서비스산업의 LEAN경영

2011년

01월 LEAN경영을 위한 인적자원관리
▼
02월 해외 중소기업 LEAN경영 사례❷
▼
03월 국내 중소기업 LEAN경영 사례❷

질문6. 당기기 생산방식을 구현하기 위해 속도조절공정에서 수요정보를 어떻게 상류로 전달할 것인가?

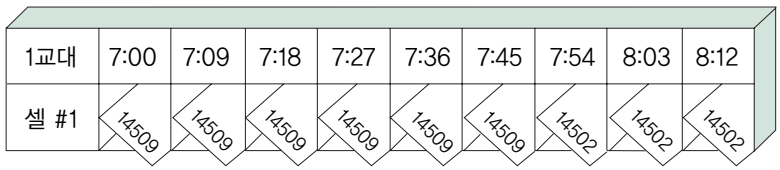
LEAN생산에서 생산지시를 주고받으며 자재운반을 통제하기 위해 특별히 고안된 도구가 '간판'이다. 하류공정이 부품을 사용할 때, 신호는 간판을 통해 상류공정으로 흘러가고, 사용된 양만큼 다시 보충된다.

〈그림1〉 생산지시간판

먼 거리에서 신호를 주고받을 때는 종종 전자적 간판으로 대체할 수 있지만, 세아산업처럼 동일 작업공간에서 신호를 주고받을 경우에는 간판카드가 정보흐름과 자재흐름을 통제할 수 있는 좋은 방법이다. 세아산업이 공정 내에서 사용한 생산지시간판은 〈그림1〉과 같이 설계되었다.

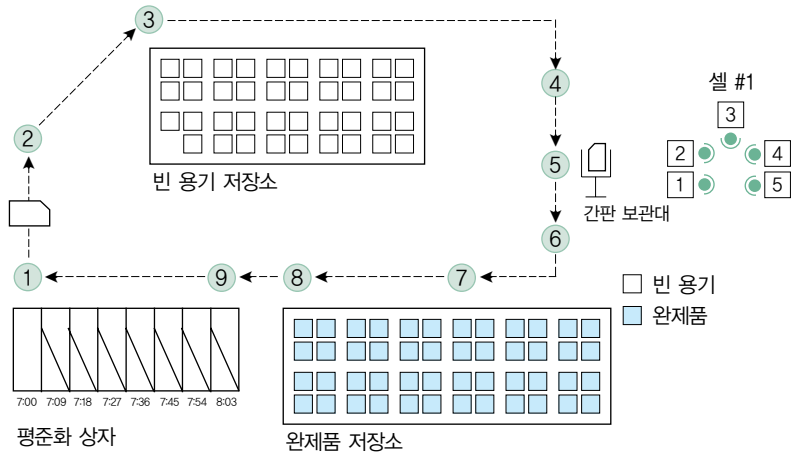
세아산업은 〈그림2〉와 같이 평준화 상자의 피치간격을 9분으로 정했으므로, 1교대에 50피치간격이 가능하다. 모든 품목들이 1교대 안에 작업될 수 있도록 배치크기가 정해졌다.

〈그림2〉 피치간격과 평준화 상자



세아산업은 공정 내에서 간판, 평준화상자, 빈 용기 저장소, 조립 셀, 그리고 완제품 저장소 등을 서로 연결하기 위해 정보와 자재의 운반경로를 〈그림3〉과 같이 정했다.

〈그림3〉 조립 셀에서의 정보와 자재 운반경로



운반경로를 통해 운반 작업자가 한 바퀴 돌고 오는데 6분 10초가 걸린다. 이는 9분의 피치간격보다 적기 때문에 택타임을 지키는 데 문제가 없어 보이지만 실제로는 꼬

리표 부착용 기계가 10분 동안 정지하여, 9분 피치타임에서 최대 1분이 초과한 적도 있다.

세아산업은 따라서 전반적인 생산공정이 안정될 때까지 피치간격을 18분으로 늘리기로 결정했다. 이는 1교대 동안 25개의 피치간격이 존재한다는 것을 의미하고, 평준화 상자의 각 셀에는 2개의 생산지시간판을 넣어둔다는 것을 의미한다.

새로운 피치간격을 설정함으로써 운반작업자가 18분 간격동안 〈표1〉과 같이 단지 6분만 작업하면 되므로 이는 분명 비효율적이다. 세아산업은 이 문제를 고민한 결과, 외부미러의 2번째 셀(우측미러용)에도 평준화 당기기 생산방식을 적용하여 공장 전체의 생산효율을 높일 수 있었다.

〈표1〉 운반작업에 걸리는 시간

단 계	활 동	시 간
1.	평준화 상자로부터 간판을 취함	10초
2.	빈 완제품 용기를 가지러 이동	1분
3.	조립 셀로 운반하기 위해 빈 완제품 용기를 취함	30초
4.	조립 셀로 이동	30초
5.	작업지시 간판과 빈 용기를 셀에 내리고, 이전 사이클에서 완성된 완제품을 취함	1분
6.	완제품 마켓으로 이동	1분
7.	완제품을 정확한 저장위치에 둠	30초
8.	완제품 재고에 등록 (예로, 스캔 바코드)	1분
9.	다음 지시를 위해 평준화상자로 돌아옴	30초
	총 시 간	6분10초

질문7. 속도조절공정으로부터 상류의 정보와 자재흐름을 어떻게 관리할 것인가?

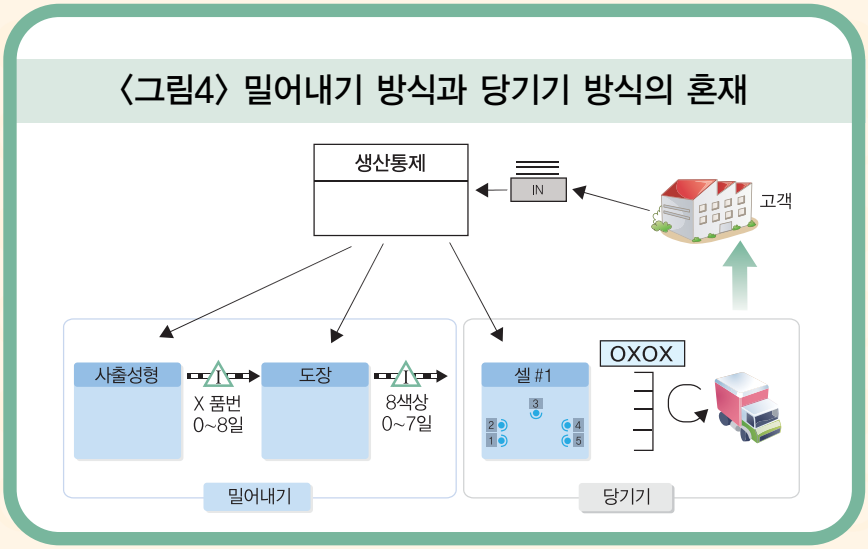
세아산업은 속도조절공정인 조립 셀의 평준화 당기기 생산방식을 구현한 것만으로도 초과작업시간과 긴급작업시간을 반으로 줄였다. 정시 선적률은 92%에서 97%로 상승했다.

그러나 조립 셀이 이따금씩 정시에 생산을 할 수 없는 경우가 발생했는데, 이는 도장공정과 사출성형공정에서 제품을 제때 보내지 못하고, 외부 납품업체로부터의 구매품이 정시에 셀에 도착하지 않기 때문에 발생한 문제였다.

세아산업은 재빨리 추가적인 조사를 한 후 근본적인 원인을 밝혀냈다. 〈그림4〉와 같이 완제품 선적장에서 조립 셀까지는 당기기 방식으로 작업하고 있는 반면, 상류에서는 여전히 밀어내기 방식으로 작업하고 있었다. 조립 셀에서 밀어내기와 당기기가 충돌하여 바람직스럽지 못한 결과를 초래한 것이다.

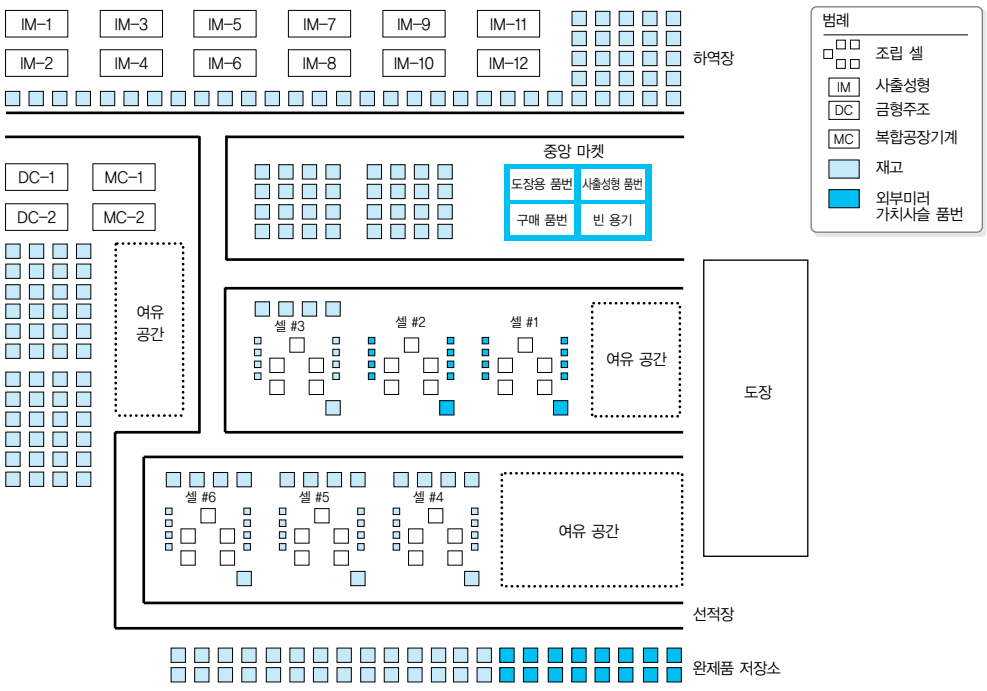
이상적으로는 상류공정의 제품이 최종조립공정과 동일한 속도로 한 번에 1개씩 공급되면 좋겠지만, 도장과 사출성형공정의 배치 특성과 외부 공급자까지의 거리문제 등으로 인해 현실적으로는 이런 연속흐름을 달성하기가 불가능했다.

〈그림4〉 밀어내기 방식과 당기기 방식의 혼재



세아산업의 개선팀은 외부미러 가치흐름에 사출성형된 품번, 도장된 품번, 그리고 구매 품번 등을 저장하기 위한 통합된 '마켓'을 만들어 하류공정과 상류공정 마켓 사이에 당기기 루프를 형성할 것을 제안했다. 조립 셀에는 제품그룹 A와 B의 재고를 최소한으로 보유하고, 그룹 C를 포함한 나머지 부품은 마켓에 충분히 저장하기로 했다.

〈그림5〉 중앙 마켓이 설치된 최신 공장배치도



전통적인 도요타생산방식에서는 각 생산공정의 맨 끝 부분에 마켓을 설치하는 것이 보통이지만, 만일 공정 끝에 공간이 좁거나 세아산업과 같이 내부적으로 생산되는 품목수가 많으면 〈그림5〉와 같이 중앙 마켓을 설치하는 것이 바람직하다. 이 마켓은 모든 품목들을 상류공정과 하류공정 모두에 근접한 장소에 위치시킴으로써 전체 자재취급의 효율성을 높이고, 품목인수 루프의 이동거리도 최소화할 수 있다.

질문8. 마켓 크기를 얼마로 정할 것이며, 인수 당기기를 어떻게 실행할 것인가?

중앙 마켓에서 조립 셀로 정시에 정확한 양의 품번이 공급될 수 있도록 다음 3가지 작업을 수행해야 한다.

① 운반경로의 길이(소요시간), 최소 팩의 크기, 보충빈도 등을 고려하여 조립 셀에 보관해야 할 각 품번의 표준 재고량을 정한다. 품목 수가 적고 운반루트가 짧은 곳에서는 투빈시스템 즉, 두 개의 용기만으로도 운영이 가능하지만, 세아산업과 같이 품목이 다양하고 한 용기에 넣을 수 있는 수량이 적을 때는 용기의 수를 늘릴 필요가 있다.

세아산업은 품번당 4개의 용기를 두어 외부미러 셀에 총 120개의 용기를 놓기로 했다. 조립 셀의 각 작업대에 간단한 간판 보관대를 세워 두고, 생산작업자들은 미러를 조립하는 데 필요한 너트, 볼트, 와이어, 선반받이, 그리고 덮개 등과 같은 자재가 들어가 있는 용기 하나를 소비하기 시작할 때마다 인수간판을 떼어내어 간판 보관대에 넣는다.

외부미러 조립 셀 두 군데에서 시간당 40개의 인수간판을 사용하는 것으로 계산하면, 15분 간격으로 배달할 경우, 1시간에 4회를 운영하게 되고, 매회당 10개의 용기가 필요하다는 계산이 나온다. 이렇게 함으로써 세아산업은 조립 셀의 재고 보유기간을 30분으로 줄일 수 있었다.

② 조립 셀에 보관될 각 품번의 용기마다 별도의 인수간판을 만든다. 조립 셀에 보관되는 각 품번을 담을 용기마다 하나씩 인수간판을 제작한다.

③ 중앙 마켓에 보관돼야 할 각 품목의 적정재고량을 결정한다. 현재 공장 안에는 품목별로 하루에서 2개월 분량의 재고를 보유하고 있음에도 불구하고, 품번에 따라 정시에 조립 셀에 도착하지 못하거나 2개월 동안이나 재고로 묶여 있는 품번이 있었다.

마켓에서 최적수준의 재고량을 정하기 위해서는 명확한 규칙이 필요하다. 고객으로부터의 외부 수요변동은 이미 완제품 마켓의 완충재고에 의해 흡수되었기 때문에 중앙 마켓에서의 수요변동은 완제품 재고보다는 훨씬 적다. 적정 마켓 재고는 〈표2〉와 같이 계산한다.

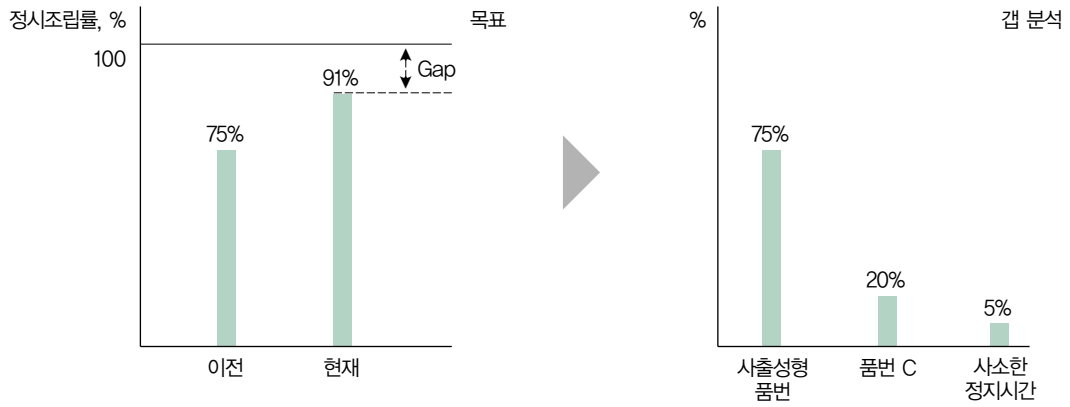
〈표2〉 마켓 적정재고 산출방법

	일일평균수요×보충 리드타임(일)	주기재고	100 * 5 = 500
+	수요변동(주기재고의 %)	완충재고	500 * 10% = 50
+	안전계수[(주기재고+완충재고)의 %]	안전재고	(500+50) * 10% = 55
=		**마켓 재고**	**500+50+55 = 605**

예를 들어, 품번 #14117의 경우 주기재고는 500개로서, 여기에 10%의 완충재고를 더하고 평균파손율과 정지시간을 감안하여 안전재고량 55개를 더하면 총 605개의 마켓재고를 구할 수 있다.

이렇게 중앙재고를 계산하여 운영한 결과, 1주만에 정시조립 성과는 75%에서 91%로 상승했다. 고객에게는 100% 정시선적을 할 수 있게 되었는데, 이제 남은 문제는 상류공정에서 중앙 마켓에 품번을 적기에 적량을 공급함으로써 정시조립률을 91%에서 100%로 끌어올리는 것이었다. 원인을 분석해 본 결과 〈그림6〉과 같이 사출성형된 제품이 아직도 밀어내기 방식으로 생산을 하고 있기 때문에 적기에 제품을 공급하지 못하는 문제가 75%를 차지했다.

〈그림6〉 세아산업의 정시조립률 분석결과



질문9. 마켓으로부터 상류의 배치공정(Batch process)을 어떻게 통제할 것인가?

배치공정의 일정계획을 수립하기 위한 LEAN도구는 '신호간판'이다. 신호간판은 하류공정, 즉 조립공정으로부터 중앙 마켓에 도착하는 인수간판이 알려주는 수요량을 한데 모아서 상류의 배치공정에서 생산해야 할 수량을 알려주는 역할을 한다. 세아산업은 사출성형된 품목에 대해서 '삼각간판'이라고 하는 신호간판을 사용하기로 했다.

사출성형 부서에서 배치 사이즈는 최소 2,000개였다. 사출성형기계의 평균 주기시간은 40초이며, 한 주기 동안 한 개의 품번만을 생산하기 때문에 특정 품번을 소량 생산할 때도 여전히 22시간 이상, 혹은 거의 3교대가 필요했다.

사출성형 부서에 있는 4개의 기계는 외부미러 전용으로 사용되었다. 이 기계 중 3대는 도장이 필요한 부착부와 마운트를 포함하여 눈에 보이는 외부 부품을 만드는 데 사용되었다.

이어 4번째 기계는 미러 덮개 안에 있어서 고객에게는 보이지 않고, 사출성형은 되지만 도장은 하지 않는 품목 3개를 생산하였다. 세아산업 개선팀은 문제를 단순화시키기 위해, 이 기계와 3개의 품번에만 우선 신호간판 시스템을 도입하기로 결정하였다.

〈표3〉 생산소요시간

품번 #	일일 평균 수요*(피스)	피스당 주기시간	평균 파손율	일일필요 가동시간**	평균 작업 전환시간
15897	400	20초	1.5%	136분	55분
15898	600	22초	1.3%	223분	55분
15899	1,000	20초	1.5%	339분	55분
총 계	2,000			698분	

*고객수요로부터 지시받은 대로 조립 셀에서 1,000개의 좌측미러와 1,000개의 우측미러를 만들기 위한 것임.
**평균파손율을 감안하고 근사값 정수로 나타냄.

사출성형-기계 작업의 패러다임을 변화시키기 위해 전통적인 효율성 측정지표를 없애고, 작업자에게 단지 새로운 신호간판이 요구하는 수량의 품번만을 순서대로 생산해 달라고 주문했다.

삼각간판의 운영방식은 다음과 같은 순서로 진행된다. ① 중앙 마켓의 재고가 빠져나가 조립 셀로 옮겨진다. ② 중앙 마켓에서 미리 정해놓은 유인점에 도달하면(여러 개의 자재 인수간판과 용기가 빠져나간 후) 해당 품번의 삼각간판은 마켓으로부터 사출성형 기계 앞의 레일로 옮겨진다. ③ 사출성형공정의 작업자는 삼각간판의 지시에 따라 필요한 로트 사이즈를 정확하게 생산하며, 이는 마켓의 재고를 보충하는 데 필요한 수량이다.

먼저 품번별로 하루에 필요한 생산소요시간을 〈표3〉과 같이 구한다. 1,000개의 좌측미러와 1,000개의 우측미러를 각각 생산하는 데 소요되는 시간은 총 698분이다.

그 다음에는 작업을 전환하는 데 사용할 수 있는 시간을 〈표4〉와 같이 구한다. 기계 #4에서 하루 평균 총 2,000개의 작업을 해야 하는 경우, 준비시간과 작업전환시간을

〈표4〉 작업전환에 사용할 수 있는 시간

교대당 총생산가용시간(아침과 점심시간 제외)		450분
교대의 수	×	2
일일 기계 한 대당 생산가용시간	=	900분
평균수요를 충족하기 위한 일일 소요시간	−	698분
일일 셋업과 작업전환 가용시간	**=**	**202분**

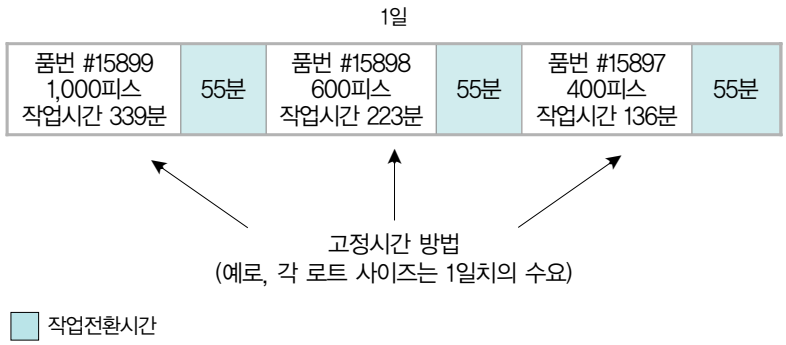
〈표5〉 일일 작업전환 가능횟수

가용 비생산 시간		202분
일일 평균 정지시간(셋업과 작업전환 시간 제외; 교대당 15분)	−	30분
일일 기계 한 대당 가능한 작업전환	=	172분
평균 작업전환시간	÷	55분
일일 가능 작업전환 횟수	**=**	**3회**

포함하여 비생산활동시간이 202분이 있다. 202분의 비생산활동시간이 여유가 있다면 〈표5〉와 같이 하루에 3번 작업전환을 할 수 있다.

세아산업은 사출성형된 품목을 적시에 중앙 마켓으로 공급하기를 원했기 때문에, 삼각간판의 로트 사이즈 계산을 위해 '고정시간-가변물량방식'을 선택했다. 각 품목의 1교대에 필요한 로트 사이즈는 〈그림7〉과 같이 계산한다.

〈그림7〉 고정시간-가변물량방식의 로트 사이즈 계산



사출성형 기계 #4는 하루에 3개의 품번을 생산하며, 3번 작업전환을 한다. 따라서 생산 로트 사이즈는 간단하게, 일일 평균수요와 동일하다(품번 3개÷작업전환 3회=1일 수요).

작업전환이 보다 빈번하면, 삼각간판에서 요구되는 로트 사이즈는 자연스럽게 줄어들 것이다. 예를 들면, 작업전환 시간이 감소함에 따라, 하루 6번의 작업전환이 있는 경우, 품번당 필요한 재고는 반으로 줄어들 것이다. 각 품번의 로트 사이즈는 〈표6〉과 같다.

〈표6〉 품번별 로트 사이즈

품번 #	로트 사이즈	×	일일 수요(피스)	=	로트 사이즈(피스)
15897	1일	×	400	=	400
15898	1일	×	600	=	600
15899	1일	×	1,000	=	1,000

각 품번은 10개씩 담은 용기에 보관되며, 매일의 고객수요를 충족시킬 수 있도록 생산되기 때문에, 중앙 마켓에 3개의 품번에 대해 2,000피스의 재고를 담을 수 있는 용기 200개가 필요하다. 이는 기계 활용률을 높이기 위해 작업전환시간을 적게 하고 로트 사이즈를 크게 했던 과거에 품번당 5,000에서 10,000피스를 생산하던 것에 비하면 엄청나게 줄어든 것이다.

이제 남은 질문은, "신호간판을 중앙 마켓에서 사출성형 기계에 보내는 유인점을 어떻게 정할 것인가?"이다. 재주문 유인점은 〈표7〉과 같이 품번별로 먼저 총 보충 리드타임을 먼저 구하고 이를 택타임으로 나눈다.

〈표7〉 품번별 재주문 유인점 계산

품번 #	작업시간*	+	작업전환 시간	+	최초의 용기 시간**	=	총 보충 리드타임
15897	136분	+	55분	+	10분	=	201분
15898	223분	+	55분	+	10분	=	288분
15899	339분	+	55분	+	10분	=	404분

*작업시간은 주기시간에 로트 사이즈를 곱한 값이다.
**품번을 한 용기에 채워 마켓으로 운반하는 데 10분이 필요하다고 가정하였다.

물론 이러한 각 보충시간은 다른 제품이 기계에서 작업 중이거나, 작업대기 중에 있지 않다는 것을 가정한 것이고, 이는 분명 현실적이지 않다. 예를 들면 기계 #4에서 작업하는 3개의 품번에 대해 품번 하나는 작업 중이고, 하나는 신호레일위에서 작업대기 중이며, 그리고 나머지 하나는 아직 유인되지 않은 채 중앙 마켓에 있는 것이 정상적일 것이다.

3개의 품번 사이에 항상 갭이 있기 때문에, 한꺼번에 유인되는 것은 통계적으로 불가능하다. 따라서 유인될 때 한 개의 간판만이 다른 간판 앞에 있을 것이라고 가정했다. 추가적인 안전을 위해, 가장 수요가 많은(그리고 가장 긴 보충 리드타임을 가진) 품번의 간판이 삼각간판 레일에서 작업을 위해 놓여 있다고 가정했다.

따라서 다음 품번의 보충이 시작되기 전 가장 긴 리드타임은 기계 #4에서 가장 긴 보충시간인 404분이다. 물론 이러한 극단적인 가정은 3개의 품번 중에서 2개의 품번에 대해서만 적절하다(세 번째 품번에 대해서는 두 번째 긴 리드타임을 적용할 수 있다.

〈표8〉 품번별 택타임

품번 #	일일 가용시간	×	초	=		÷	일일 수요	=	택타임
15897	900분	×	60	=	54,000초	÷	400	=	135초(2.25분)
15898	900분	×	60	=	54,000초	÷	600	=	90초(1.5분)
15899	900분	×	60	=	54,000초	÷	1,000	=	54초(0.9분)

〈표9〉 품번별 유인점

품번 #	가장 긴 리드타임*	÷	택타임	=	유인점**(마켓에 남아있는 피스의 수)
15897	404분	÷	2.25분	=	180피스
15898	404분	÷	1.5분	=	270피스
15899	288분	÷	0.9분	=	320피스

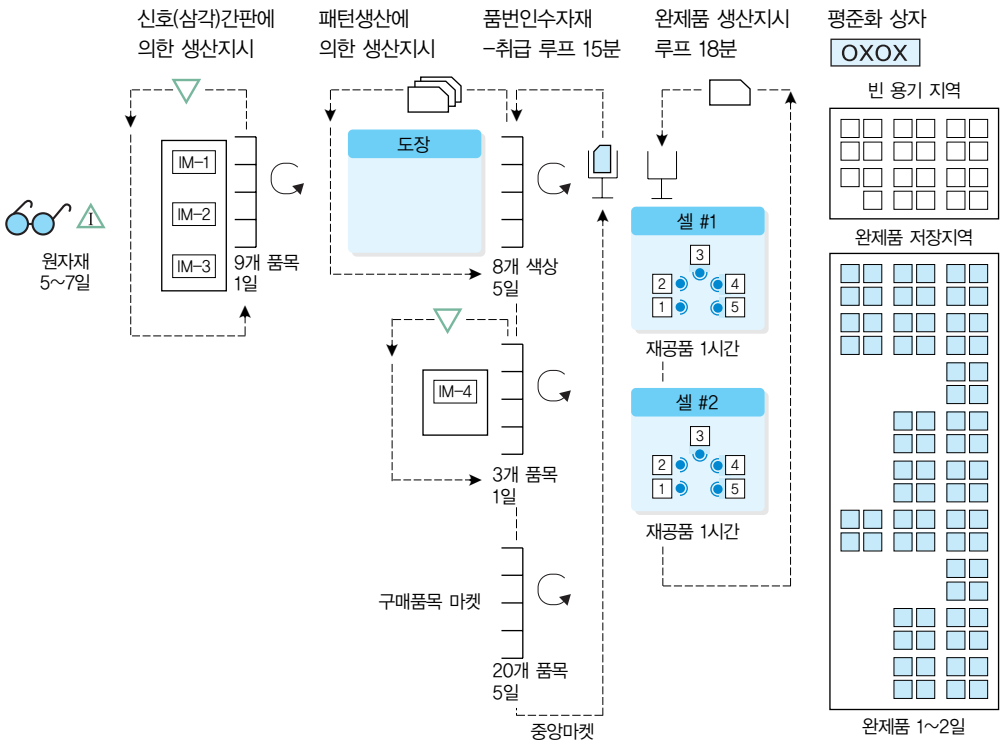
*이론적으로 필요제품의 앞에서 작업을 위한 대기에 들어갔을 수 있는 다른 제품의 가장 긴 리드타임
**정수 10의 근사값으로 나타냄.

이는 어떠한 품번이라도 자신 앞에 위치될 수는 없기 때문이다). 품번별 택타임과 유인점은 각각 〈표8〉과 〈표9〉와 같이 계산한다.

사출성형 기계 #4를 통해 작업되는 3개의 품번에 대해 각 품번의 보충을 시작해야 되는 신호점뿐만 아니라 새로운 로트 사이즈를 계산할 수 있다. 품번 #15897에 대해 마켓은 400피스(40개의 용기)의 재고로 시작할 것이다.

삼각간판의 유인점은 280 피스 혹은 28개의 용기가 될 것이다. 재고가 이 지점까지 감소하면, 보충을 위한 신호를 전달하기 위해 사출성형 기계 앞으로 간판이 운반될 것이다. 보충되는 과정을 계산해보면, 사출성형으로 작업된 제품은 마켓에 남아 있는 재고가 고갈되기 바로 전에 마켓으로 배송될 것이라는 것을 알 수 있다.

이상과 같이 중앙 마켓의 상류공정을 당기기 방식으로 전환함으로써 중앙 마켓의 자재재고가 50%에서 90%까지 줄어들었다. 게다가 모든 부서의 재고 보충시간을 이전에는 일수로 계산하던 것을 시간단위로 측정할 수 있게 되었다. 이는 수요의 변화에 민감하게 반응할 수 있도록 생산시스템의 능력이 향상되었고, 제품을 정시에 공급할 수 있는 능력이 강화되었다는 것을 의미한다.

세아산업의 개선팀은 사출성형공정의 작업전환시간을 10분 이내로 줄일 것을 목표로 세웠다. 세아산업이 지금까지 당기기 생산방식을 도입한 결과, 외부미러의 생산과정에서 정보와 자재는 〈그림8〉과 같이 흘러다닌다. QM

〈그림8〉 당기기 생산방식 적용 후 현재상태 가치흐름지도