고객

업계

재생에너지

조직 프로필

- **2001년 설립**
- **2006년 나스닥(NASDAQ) 상장**
- **본사 소재지: 캐나다 온타리오**

사례 요약

과제

세계 최대의 태양광 기술 및 재생에너지 회사가 생산된 질화물 필름 일부가 회사의 내부 기준을 충족하지 않는다는 사실을 발견한 후 태양 전지 표면의 에너지 효율 수준을 높이기 위해 질화물 필름의 두께를 제어하고자 했습니다.

솔루션

이 회사는 Minitab® Statistical Software와 Minitab Engage™에 포함된 강력한 차트 및 분석 도구를 사용하여 필름 두께 차이의 원인을 파악하고 해결했습니다. 이를 통해 완성된 태양광 패널의 에너지 효율이 81%에서 88%로 7% 개선되어 전체 수익이 연 10만 달러 이상 증가했습니다.

선도적인 태양광 기업의 에너지 효율성 향상과 연 10만 달러 이상의 수익 증대에 기여한 Minitab

이 Minitab® 고객은 세계 최대의 태양에너지 및 재생에너지 기업입니다. 고객은 20년 이상 선도적인 태양광 PV 모듈 제조업체이자 태양에너지 솔루션 제공업체의 자리를 지켜왔습니다. 고객은 에너지 대량 구매자에게 경쟁력 있는 깨끗한 전기를 제공하기 위해 최선을 다하고 있으며, 지속 가능성을 향한 자사의 노력과 대응에 자부심을 갖고 있습니다. 해당 고객은 2006년부터 나스닥에 상장되었으며, 2020년에는 Bloomberg New Energy Finance(BNEF)에 의해 실적 우수 제조회사 부문 1위 기업으로 선정되었습니다.

강력한 통계 분석에 기반한 품질관리 도입

이 태양광 회사는 Minitab Statistical Software와 Minitab Engage를 사용하여 제조 공정 중 발생하는 차이를 발견한 끝에 질화물 필름 두께를 제어할 수 있게 되었습니다. 팀은 특성요인도(Fishbone 다이어그램)를 비롯한 Minitab Engage의 브레인스토밍 도구를 사용하여 이러한 차이의 가능한 원인을 몇 가지 추려낼 수 있었습니다. 그런 다음 공정 능력 분석과 관리도를 사용하여 최적의 제조 조건을 신속하게 파악했습니다. 팀은 Minitab의 강력한 통계 분석을 활용하여 정밀하고 정확한 측정을 통해 두께 문제를 해결하고, 궁극적으로는 완성된 태양광 패널의 에너지 효율을 81%에서 88%로 7% 높여 전체 수익을 연 10만 달러 이상 늘릴 수 있었습니다.

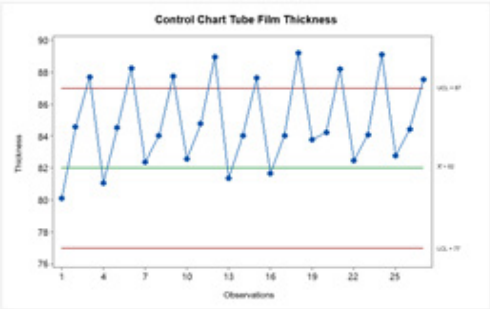
"이전에는 지속적으로 블라인드 테스트를 실시했지만, 이제 드디어 가설을 정량적으로 테스트할 수 있게 되었습니다. Minitab이 큰 도움이 되었어요."

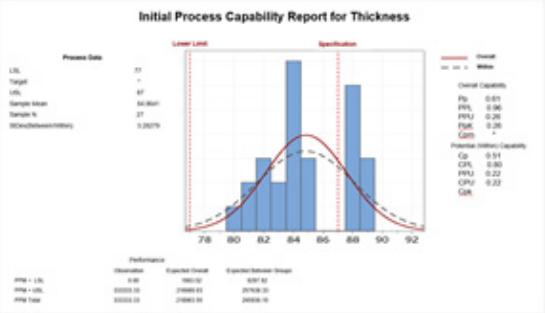
기술개선 및 신제품 개발 담당 R&D 관리자

과제

미확인 요인으로 인한 제조 공정의 불일치.

중국 상하이에 있는 이 태양에너지 회사의 연구개발 관리자에게는 한 가지 고민이 있었습니다. 그의 팀이 제조 공정을 통해 생산된 질화물 필름의 두께가 허용할 수 없는 수준으로 차이가 난다는 사실을 발견한 것이었습니다. 팀은 태양 전지의 표면 에너지 효율 수준을 개선하고 회사의 내부 기준을 충족할 수 있도록 필름의 두께를 제어해야 했습니다. 최적의 필름 두께는 77~87mm입니다.





위 그림에 나타난 것처럼 팀은 초기 공정부터 필름 두께가 관리도의 상한선을 초과하며 공정에 문제가 있다는 사실을 발견했습니다. 대다수의 데이터는 평균을 상회하며, 공정 능력은 상대적으로 낮았습니다. 그 결과, 현재 공정의 불량률은 매우 높았습니다.

사용한 MINITAB 도구

Minitab®

현재 및 과거의 데이터를 확인하여 추세를 발견하고, 패턴을 찾고 예측하며 변수 간의 관계를 파악하기 위해 사용했습니다.

Minitab Engage™

분산의 원인에 대한 가설을 세워 가능성의 범위를 좁히기 위해 시각적 브레인스토밍 도구를 사용했습니다.

해결책

프로젝트 팀은 필름 두께 차이가 큰 이유를 분석하고 가능한 요인을 선별해야 했습니다.

생산 라인에서 근본 원인 찾기

팀은 필름 두께의 차이가 측정 시스템의 오류로 인해 발생했는지 아니면 공정 오류로 인해 발생했는지 파악하고자 했습니다. 팀은 업계에서 널리 사용되는 테스트 장비인 Topcon 제품 테스트 플랫폼을 사용하여 필름 두께와 굴절률을 측정했습니다.

다음으로 팀은 Minitab의 측정 시스템 분석을 사용하여 이러한 차이가 측정 시스템으로 인해 발생했는지 확인했습니다.

Gage 평가

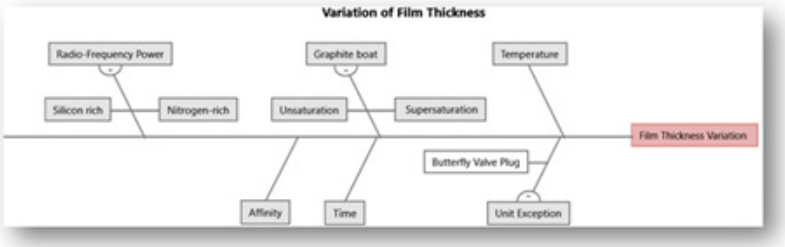
출처	표준 편차(SD)	연구 변동(6 × SD)	%연구 변동(%SV)
총 Gage R&R	0.0002956	0.0017737	9.16
반복성	0.0002694	0.0016166	8.35
재현성	0.0001216	0.0007298	3.77
Operator	0.0001216	0.0007298	3.77
부품-대-부품	0.0032140	0.0192842	99.58
총 변동	0.0032276	0.0193656	100.00

구별 범주 수 = 15

측정의 분석값인 Gage R&R은 9.16으로 10% 미만이었으며, 이는 Topcon 측정 시스템이 요구 사항을 충족하므로 문제의 원인이 아니라는 것을 나타냅니다.

MINITAB 브레인스토밍 도구로 가능성의 범위 좁히기

팀은 계속해서 이러한 문제에 영향을 주는 요인을 찾기 위해 특성요인도라고도 하는 Minitab Engage의 Fishbone 다이어그램을 사용하여 브레인스토밍을 실시했습니다.



결정질 규소 태양광 전지의 특성

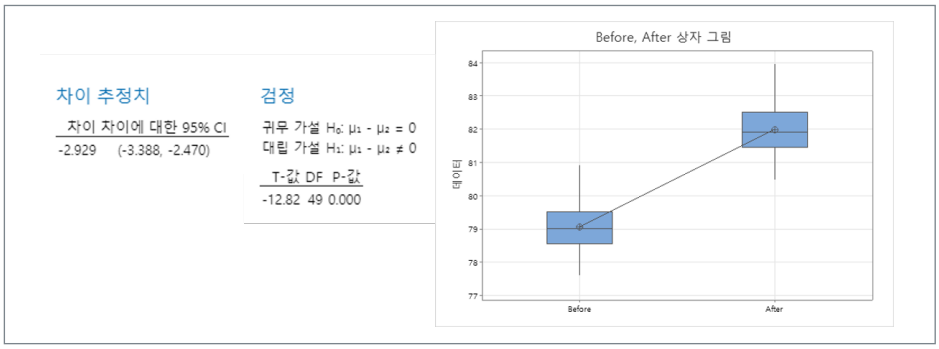
- 생산 공정에서는 태양광 전지 전면의 반사를 줄이고 태양광 전지의 실리콘 표면을 부동태화해야 합니다.
- 결정질 규소의 굴절률은 보통 3.8입니다. 굴절률이 1인 매끄러운 실리콘 표면을 높은 곳에 배치하면 반사율이 30%에 달할 수 있습니다.
- 따라서 표면 반사를 줄이기 위해 제조 공정에서 실리콘 표면과 공기 사이에 광전송 유전체막을 삽입합니다. 이 사례 연구에서 가장 중요한 것은 올바른 필름 두께를 정하는 것입니다.

간단한 가설 검정으로 단일 원인 찾기

팀은 Fishbone 다이어그램과 리더의 이전 경험에 기반하여 장비 고장이나 공정 문제가 질화물 필름 두께에 영향을 주는 두 가지 이유를 다음과 같이 파악했습니다.

- 코팅 장비에서 액체 흐름을 조절하는 밸브인 버터플라이 밸브를 세척하는 빈도
- 용광로의 온도 및 용광로 내 실리콘 위치

우선 팀은 코팅 장비의 버터플라이 밸브 세척이 문제인지 조사했습니다. 팀은 Minitab에서 2-표본 t-검정을 통해 버터플라이 밸브 세척의 빈도가 필름 두께의 상당한 차이를 초래하는지 확인했습니다.



분석 결과, 팀은 p값이 0.05 미만임을 확인했습니다. 즉, 버터플라이 밸브 세척 전후의 필름 두께에 상당한 차이가 있으므로 버터플라이 밸브 세척도 필름 두께에 큰 영향을 주는 것이죠. 유레카!

회귀 분석으로 최적의 온도 파악

그런 다음 프로젝트 팀은 두 번째 가능성인 용광로 온도와 용광로 내 실리콘의 상대적 위치를 테스트하기 위해 용광로 내 3곳의 위치, 즉 i) 용광로 입구 ii) 용광로 중간 iii) 용광로 하단에 대해 각각 실제 온도와 필름 두께 데이터를 기록했습니다.

분산 분석

출처	DF	Adj SS	Adj MS	F-값	P-값
회귀	3	250.471	83.490	3556.84	0.000
Rel Temp	1	202.861	202.861	8642.25	0.000
Location	2	106.088	53.044	2259.78	0.000
오차	14	0.329	0.023		
적합성 결여	10	0.144	0.014	0.31	0.939
순수 오차	4	0.185	0.046		
총계	17	250.800			

팀은 위의 Minitab의 회귀 분석을 사용하여 각 위치 및 온도와 각각의 상대적 관계를 테스트했습니다.

회귀 방정식

Location	
furnace bottom	Thickness = -116.54 + 0.41367 Rel Temp
furnace middle	Thickness = -116.54 + 0.41367 Rel Temp
furnace mouth	Thickness = -129.43 + 0.41367 Rel Temp

위의 회귀 모형을 사용하여 팀은 온도와 용광로 내 실리콘의 위치가 중요한 요인임을 확인할 수 있었습니다. 따라서 팀은 요인 간 관계를 테스트하기 위해 용광로 입구, 중간과 하단의 온도 사이의 값과 함께 실제 온도를 확인했습니다.

결과

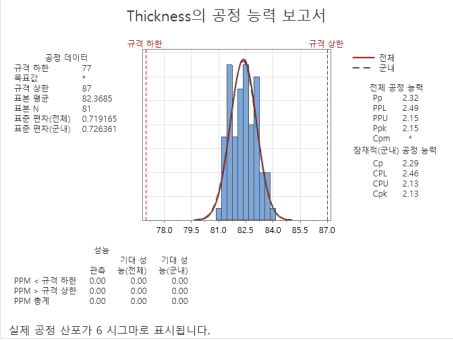
팀은 Minitab의 공정 능력 분석과 관리도를 사용하여 최적의 두께를 지닌 질화물 필름을 생산하는 데 필요한 조건을 다음과 같이 파악했습니다.

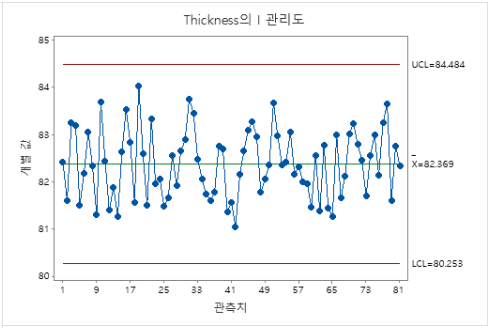
- 버터플라이 밸브는 하루 2회 세척해야 합니다.
- 적합한 용광로 온도를 파악했습니다. 공정 출력 결과, 용광로 내 위치 3곳의 최적 온도는 입구의 경우 500°C/932°F, 중간의 경우 480°C/896°F, 그리고 하단의 경우 472°C/881°F였습니다.

> Minitab Statistical Software는 발견, 가설 검정, 확인 및 문제 해결의 여러 단계를 거친 끝에 문제 해결 시간을 단축했을 뿐 아니라 팀원이 더 자신 있게 결정을 내릴 수 있게 해주었습니다."
>
> 기술개선 및 신제품 개발 담당 R&D 관리자

결과

팀은 통계 분석을 사용하여 신속하게 최적의 공정 매개변수 설정을 찾았습니다. Minitab 회귀 모형에서 공정 매개변수를 조정하자 질화물 필름 두께에 대해 안정적인 출력을 얻을 수 있었습니다. 팀은 조정한 매개변수 설정을 사용하여 검증 분석을 실시한 결과, 공정 출력 상용광로 내 위치 3곳의 최적 온도는 각각 500°C, 480°C 및 472°C로 나타났습니다. 또한 Cpk 값은 1.67을 넘었고 공정 능력 지수도 높아서 미리 설정한 목표를 훨씬 뛰어넘는 높은 수치를 보였습니다.





팀은 Minitab의 강력한 통계 분석을 활용하여 매우 정밀하고 정확한 측정을 수행할 수 있었습니다. 팀 관리자는 "이전에는 지속적으로 블라인드 테스트를 실시했지만, 이제 드디어 가설을 정량적으로 테스트할 수 있게 되었습니다. Minitab이 큰 도움이 되었어요."라며, "Minitab Statistical Software는 발견, 가설 검정, 확인 및 문제 해결의 여러 단계를 거친 끝에 문제 해결 시간을 단축했을 뿐 아니라 팀원이 더 자신 있게 결정을 내릴 수 있게 해주었습니다."라고 덧붙였습니다. 팀은 문제를 이해하고 질화물 필름의 두께를 제어할 수 있게 되었으며, 이를 통해 태양광 패널의 에너지 효율을 81%에서 88%로 7% 향상했습니다. 이를 현재의 생산 추정치인 하루 6,048개의 단일 튜브 능력에 대입해보면, 이번 측정을 통해 회사의 수익이 연 65만 위안(10만 1,400달러) 증가한 것입니다.

혁신 가속화:

MINITAB STATISTICAL SOFTWARE와 MINITAB ENGAGE

Minitab Statistical Software는 데스크톱 또는 클라우드에서 최고의 신뢰성을 지닌 도구들을 바탕으로 데이터를 최대한 활용하여 흐름을 파악하고 패턴을 찾고 예측하고 여러 변수들 사이의 숨겨진 관계를 밝혀낼 수 있으며 멋진 시각화를 만들어 어떤 까다로운 문제도 해결할 수 있습니다.

효과적이고 검증된 문제 해결 방법과 브레인스토밍, 다이어그램 작성 및 매핑 도구를 활용하는 Minitab Engage는 아이디어와 혁신 프로젝트의 할당, 감독, 관리 및 상황 파악을 통해 성공적인 이행을 가능하게 하는 유일한 솔루션입니다.

강력한 통계와 업계 최고의 데이터 분석과 동적 시각화로 무한한 가능성이 열립니다.

MINITAB 정보

Minitab은 종합적인 업계 최고의 데이터 분석 제품과 프로세스 개선 도구를 제공하여 여러 기업과 기관들이 추세를 파악하고, 문제를 해결하며, 데이터를 통해 귀중한 통찰력을 얻을 수 있도록 도와드립니다. Minitab과 결합된 탁월한 사용 편의성을 통해 데이터를 쉽게 심층적으로 파악할 수 있습니다. 또한 고도로 숙련된 데이터 분석 전문가들로 구성된 팀의 서비스를 통해 사용자들이 분석을 100% 활용할 수 있도록 보장하여 더 빠르고 정확하며 현명한 결정을 내릴 수 있도록 도와드립니다.

거의 50년에 가까운 기간 동안 Minitab은 자사의 독자적인 솔루션을 통해 조직의 비용 절감, 품질 개선, 고객 만족도 및 효율성 향상을 지원해왔습니다. 현재 전 세계의 수천에 이르는 기업 및 기관에서 Minitab® Statistical Software, Minitab Connect™, Salford Predictive Modeler®, Minitab Workspace®, Minitab Engage™, Quality Trainer®를 사용하여 공정 과정의 결함과 기회를 파악하여 해결하고 있습니다. Minitab Solutions Analytics™는 기업이 비즈니스 우수성의 바탕이 될 보다 나은 의사결정을 내릴 수 있도록 지원하는 소프트웨어 및 서비스를 제공함에 있어 통합적으로 접근하는 Minitab만의 독자적인 방법입니다.

Minitab에 대해 자세히 알아보려면 www.minitab.com을 방문하십시오.

Minitab®과 Minitab® 로고는 미국 및 기타 국가에서 Minitab, LLC의 등록 상표입니다.

자세한 정보는 minitab.com/legal/trademarks를 참조하세요. ©2021, Minitab, LLC. All Rights Reserved