innovmetric

백서

신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 **스마트 3D 계측 접근 방식**

신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 | 스마트 3D 계측 접근 방식

MSA 기본 이해하기

측정 시스템 정의

측정 시스템 성능 지수

- 계통적 불확실성
- 무작위 불확실성

측정 시스템 기능 및 성능

확장된 불확실성

복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택

실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행

반복성 연구

게이지 R&R 연구

계측자들을 위한 권장 사항

결론

신뢰할 수 있는 3D 측정 수집
스마트 3D 계측 접근 방식

제조사에서는 치수 측정 데이터를 수집하여 매일 제품 품질을 모니터링합니다. 이 데이터는 제조 공정의 안정성을 조사하고, 파트 품질과 기능을 보장하기 위해 공정의 능력을 결정하고, 치수 요구사항을 충족하는 공정의 능력을 정량화하기 위한 지표를 설정하는 데 사용됩니다. 이는 모두 지속적인 개선 공정의 일부입니다.

새로운 제조 공정을 도입할 때 원인을 정확히 찾아 시정하지 못하면 공정 안정성에 문제가 감지될 수 있습니다. 이러한 문제는 경우에 따라 제조 공정이 아니라 측정 시스템 자체와 관련이 있습니다.

계측자들은 측정이 항상 정확한 것은 아니라는 점을 알고 있습니다. 다양한 변동 요인이 측정 시스템의 성능에 영향을 미치므로 측정의 불확실성이 발생합니다. 반복성 및 게이지 R&R 연구를 통해 측정 시스템 분석(MSA)을 수행하여 측정 시스템 변동을 추정할 수 있습니다. 이러한 연구를 통해 계측자들은 측정 시스템의 유효성을 평가하고 실제로 측정 시스템에서 비롯된 전체 측정 과정의 변동을 일으키는 요인을 최소화할 수 있습니다.

MSA 연구는 설정 및 실행이 매우 복잡할 수 있으며 3D 계측의 경우 더욱 그렇습니다. 실행 가능한 데이터를 얻으려면 통계에 대한 지식이 매우 많이 필요합니다.

이 백서에서 다루는 내용은 다음과 같습니다.

- 측정 시스템 분석의 주요 개념과 3D 측정 장치에 대한 실제 적용을 설명
- 분석 및 공유를 위해 Excel에서 직접 결과를 얻을 수 있도록 반복성 및 게이지 R&R 연구의 설정 및 실행으로부터 완전한 디지털 프로세스를 탐색
- 계측자들에게 연구 결과 분석을 위한 권장 사항 제공

신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 | 스마트 3D 계측 접근 방식

MSA 기본 이해하기
- 측정 시스템 정의
- 측정 시스템 성능 지수
  - 계통적 불확실성
  - 무작위 불확실성
- 측정 시스템 기능 및 성능
- 확장된 불확실성

복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택

실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행
- 반복성 연구
- 게이지 R&R 연구

계측자들을 위한 권장 사항

결론

MSA 기본 이해하기

전체 파트 검사 공정이라는 맥락에서 MSA의 중요 역할을 살펴보겠습니다. 이 공정에서 계측자들은 크기, 치수, 위치, 프로파일 및 방향과 같은 주요 특성을 측정하여 노미널 사양과의 편차를 결정합니다. 계측자들은 공차 및 요구 사항을 통해 관리 계획에 명시된 대로 기술 사양의 준수 여부를 평가합니다. 모든 측정은 실제 편차(즉, 실제 값)를 나타내는 것과 측정 시스템의 변동성을 반영하는 두 가지 주요 구성 요소로 특징지어집니다. 측정 시스템이 작업에 대해 신뢰할 수 있고, 신뢰할 수 있음을 보장하기 위해 계측자는 측정 시스템 변동의 진폭을 식별하고 사양 한도의 최대 10% ~ 30%를 나타내는지 확인해야 합니다. 측정 시스템의 변동성 또는 성능은 제조 공정과 측정 시스템의 변동을 모두 고려하여 측정된 전체 공정 변동을 크게 일으키지 않을 만큼 충분히 비례적으로 작아야 하고 공정이 사양 한도(LSL,USL) 또는 공차를 벗어나지 않도록 해야 합니다.

그림 1은 측정 시스템의 성능과 측정된 값(X_i)이 측정된 공정 변동에 상대적으로 불연속적이고 예측 가능한 영향을 끼치는 상호 작용을 보여줍니다. 이 변동은 SPC 기술을 사용하여 생산 라인에서 나오는 파트에 대한 측정 결과에서 얻습니다. 일반적으로 관리 한계는 이 데이터를 사용하여 계산됩니다. 즉, 측정 시스템의 성능은 측정된 전체 공정 변동의 결과에 영향을 미치며 측정 시스템 분석 워크플로를 통해 이러한 성능을 식별할 수 있습니다.

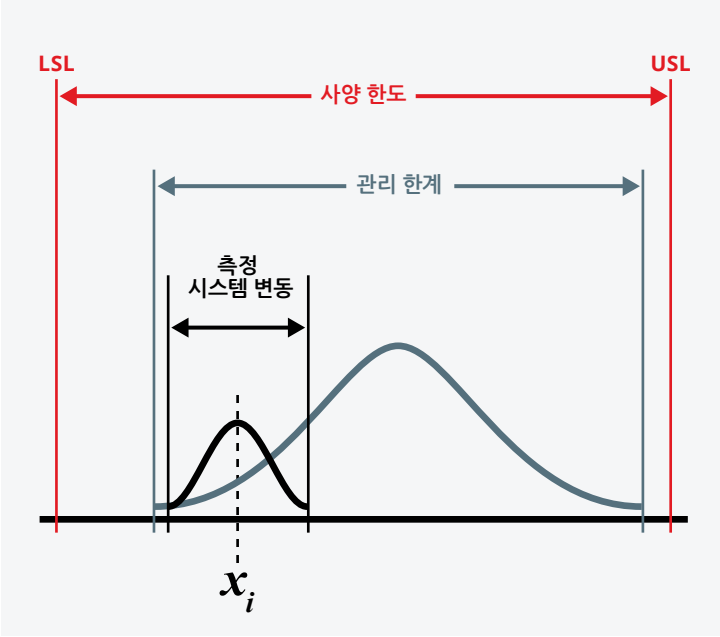


그림 1
전체 공정 변동에 대한 측정 시스템의 성능

신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 | 스마트 3D 계측 접근 방식

MSA 기본 이해하기
- 측정 시스템 정의
- 측정 시스템 성능 지수
  - 계통적 불확실성
  - 무작위 불확실성
- 측정 시스템 기능 및 성능
- 확장된 불확실성

복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택

실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행
- 반복성 연구
- 게이지 R&R 연구

계측자들을 위한 권장 사항

결론

측정 시스템 정의

측정 시스템의 성능을 결정하기 전에 주요 특성의 측정 공정에 영향을 미칠 수 있는 모든 잠재적 변동 원인을 식별하는 것이 중요합니다. Automotive Industry Action Group(AIAG)에서 측정 시스템은 "측정 단위를 정량화하거나 측정 대상 특성에 대한 평가를 수정하는 데 사용되는 기기 또는 게이지, 표준, 작업, 방법, 고정 장치, 소프트웨어, 인력, 환경 및 가정의 모음, 즉 측정에 사용되는 전체 공정"으로 구성된 것으로 정의됩니다. MSA는 전체 측정 시스템 불확실성에 영향을 미치므로 그림 2에 자세히 설명된 대로 이러한 모든 요인을 고려해야 합니다.

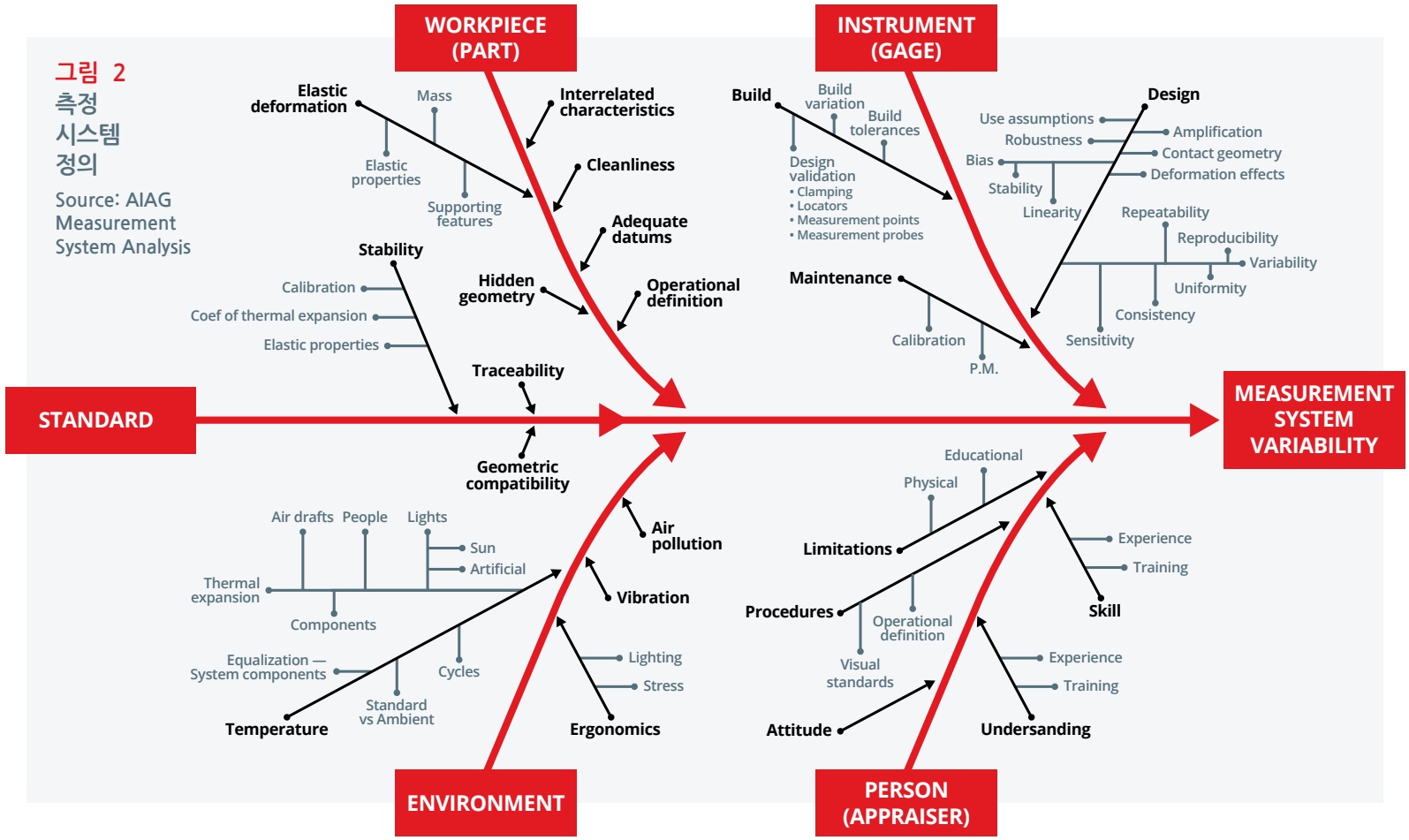


그림 2
측정 시스템 정의
Source: AIAG Measurement System Analysis

신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 | 스마트 3D 계측 접근 방식
MSA 기본 이해하기
측정 시스템 정의
측정 시스템 성능 지수
• 계통적 불확실성
• 무작위 불확실성
측정 시스템 기능 및 성능
확장된 불확실성
복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택
실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행
반복성 연구
게이지 R&R 연구
계측자들을 위한 권장 사항
결론

측정 시스템 성능 지수

측정 시스템의 성능은 측정 불확실성을 분류하고 정량화하는 지수를 사용하여 결정됩니다. 계측가들은 공정에 대한 데이터를 수집하여 이와 관련된 특정 동작을 결정하여 전체 측정 변동성을 정량화할 수 있습니다. 일반적으로 이 동작은 가우스 분포(정규)가 있는 랜덤 변수(RV)로 설명됩니다. 그림 3은 수집된 데이터, 즉 측정 과정에서 나온 측정값을 나타내는 검은색 곡선과, 위치(평균) 및 너비 매개변수(표준 편차)에 의해 정의되는 분포로 이 개념을 보여줍니다.

측정 과정에 영향을 미치는 여러 요인은 시스템(예: 평균 측정값 대 실제 값) 또는 무작위(예: 측정값의 확산)인 불확실성의 여러 출처를 나타냅니다. 이러한 불확실성은 식별된 분포 매개변수에 미치는 영향에 따라 분류할 수 있습니다. 그림4에서 보는 바와 같이 계통적 불확실성은 편향성, 선형성, 안정성을 포함하고 무작위 불확실성은 반복성과 재현성을 포함합니다. 각 범주는 고유한 분포 패턴으로 명확하게 식별할 수 있습니다.

그림 3
가우스 분포

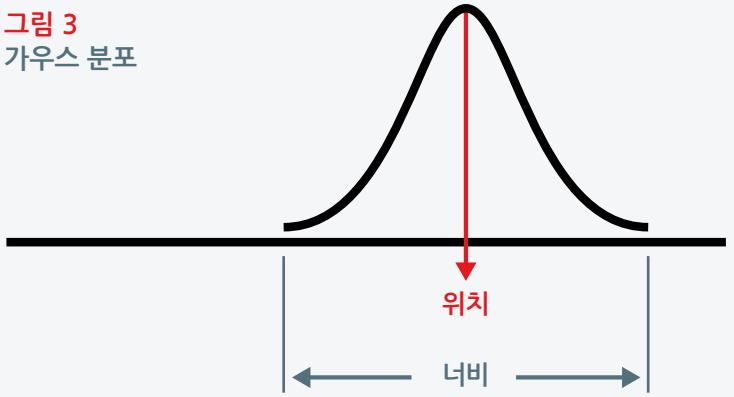
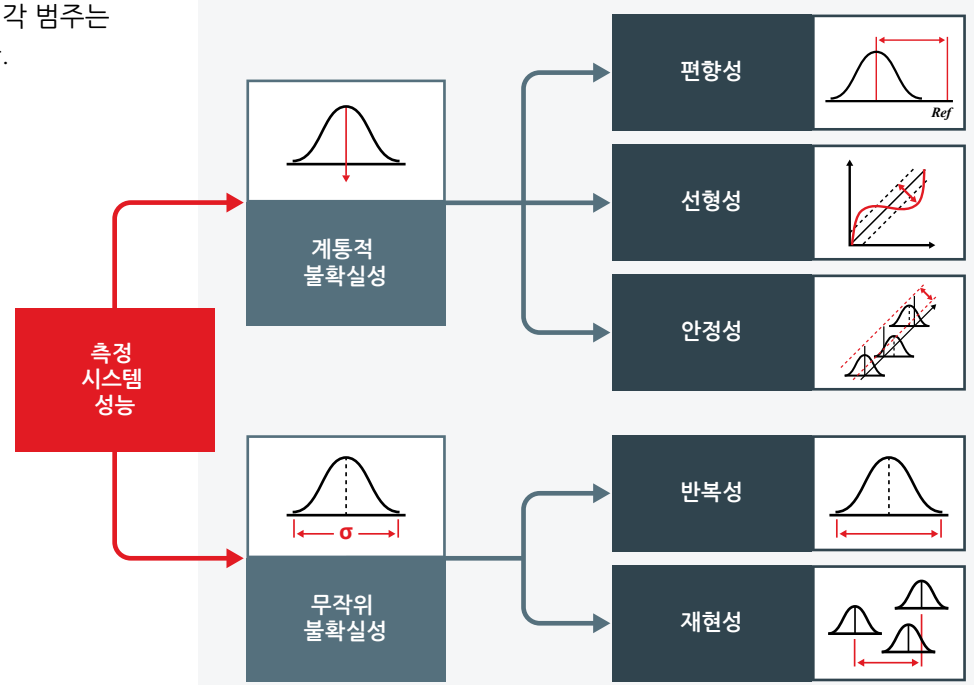


그림 4
성능 지수



신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 | 스마트 3D 계측 접근 방식
MSA 기본 이해하기
측정 시스템 정의
측정 시스템 성능 지수
• 계통적 불확실성
• 무작위 불확실성
측정 시스템 기능 및 성능
확장된 불확실성
복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택
실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행
반복성 연구
게이지 R&R 연구
계측자들을 위한 권장 사항
결론

• **계통적 불확실성**

계통적 불확실성은 알려진 기준에 대한 정규 분포의 위치와 밀접하게 관련된 측정 불확실성입니다. 수학적으로는 측정 데이터의 평균값에 영향을 줍니다. 이에 대한 일반적인 용어는 정확도 오차입니다. 정확도 오차는 하나 이상의 측정된 결과의 평균과 기준 값 사이의 정확도를 나타냅니다. 정확도 오차는 일반적으로 재현 가능하며 종종 정량화 및 수정 가능한 문제로 인해 발생합니다. 계통적 불확실성의 세 가지 유형은 편향성, 선형성 및 안정성이며 편향이 가장 일반적입니다. 편향성은 하나 이상의 측정 결과($\bar{x}$)의 평균과 기준 값(참조) 사이의 거리를 나타냅니다. 수학적으로 편향성은 실제 값(참조 값)과 동일한 파트의 동일한 특성에 대한 관측된 측정 평균 간의 차이로 추정됩니다. 반면에 선형성은 기기의 측정 범위 전체에서 수집된 데이터가 기준 값과 얼마나 잘 일치하는지를 나타냅니다. 장비의 전체 의도된 측정 범위에 대한 편향성의 차이입니다. 선형성은 측정 범위의 한 극단에서 다른 극단까지 편향성의 변화를 나타냅니다. 마지막 계통적 불확실성 유형은 안정성입니다. 시간이 지남에 따라 계측 기능을 유지하는 측정 시스템의 능력을 나타냅니다. 안정성은 일반적으로 두 시스템 교정 사이의 시간인, 시간에 따른 편향성의 변동을 의미합니다.

• **무작위 불확실성**

측정 불확실성의 나머지 원인은 일반적으로 정밀도 오차라고 하는 무작위 불확실성입니다. 정밀도 오차는 측정 시스템의 한계로 인한 측정 데이터의 통계적 변동을 나타냅니다. 정밀도 오차는 측정 범위에서 반복 측정의 예상 변동을 설명합니다. 무작위 불확실성의 두 가지 유형은 반복성과 재현성입니다. 반복성은 매우 통제된 조건에서 얻은 측정값의 분산 폭을 나타냅니다. 동일한 장비, 파트, 템플릿 및 동일한 환경 조건에서 동일한 측정값을 얻을 수 있는 시스템의 능력을 의미합니다. 좁은 분포는 더 반복 가능한 측정을 나타냅니다. 재현성은 동일한 장비와 동일한 조건에서 여러 작업자가 수행한 측정 간의 편차를 나타냅니다. 수학적으로 이것은 각 작업자가 취한 판독 값의 평균 편차입니다.

신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 | 스마트 3D 계측 접근 방식

MSA 기본 이해하기
- 측정 시스템 정의
- 측정 시스템 성능 지수
  - 계통적 불확실성
  - 무작위 불확실성
- 측정 시스템 기능 및 성능
- 확장된 불확실성

복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택

실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행
- 반복성 연구
- 게이지 R&R 연구

계측자들을 위한 권장 사항

결론

측정 시스템 기능 및 성능

측정 시스템 ($\sigma_{능력}$)의 능력은 총 표준 불확실성이라고도 하며 모든 계통적 및 무작위 불확실성의 조합입니다. 알려진 조건에서 측정과 관련된 불확실성을 수량화하고 짧은 시간 동안 전체 측정 시스템 불확실성을 식별하는 데 사용됩니다. 능력은 다음 공식을 사용하여 계산할 수 있습니다.

$$\sigma_{능력}^2 = \sigma_{편향성(선형성)}^2 + \sigma_{R\&R}^2$$

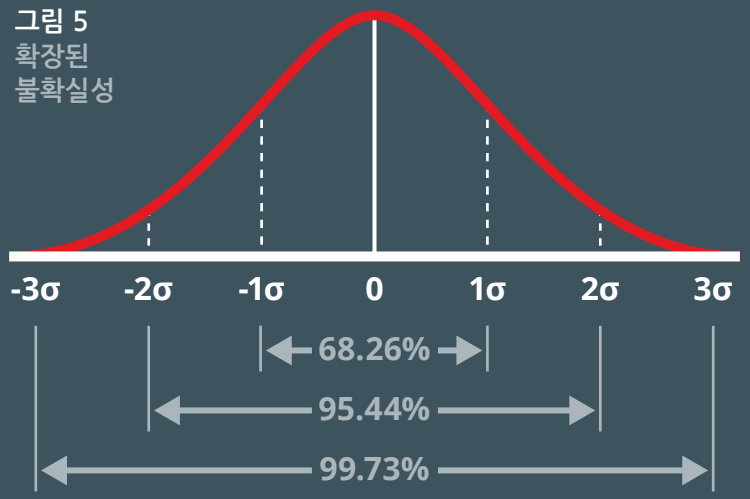
반면에 성능에는 시스템 및 무작위 변동의 원인뿐만 아니라 시간이 지남에 따라 발생하는 차이의 원인도 고려됩니다. 다음 공식을 사용하여 계산됩니다.

$$\sigma_{성능}^2 = \sigma_{능력}^2 + \sigma_{안정성}^2$$

확장된 불확실성

측정 시스템 분석 공정의 마지막 단계에서는 측정 시스템과 관련된 확장된 불확실성(U)을 결정합니다. 확장된 불확실성은 특정 신뢰 수준 내에서 시스템이 얻은 실제 측정 결과를 포함할 것으로 예상되는 범위를 의미하는 총 측정 불확실성 값을 나타냅니다. $U = \pm K\sigma_{tot}$ 여기서 U은 확장된 불확실성, K는 원하는 신뢰 수준(예: 99.73% 신뢰 수준의 경우 $K = 3$)에 대한 정규 곡선 아래 영역을 나타내는 포함 요소이며 σ_{tot}은 일반적으로 성능에 해당하는 측정 시스템의 총 표준 불확실성입니다. 측정 시스템 분석에서 가장 일반적으로 사용되는 신뢰 요인은 아래 그림과 같습니다.

그림 5
확장된
불확실성



신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 | 스마트 3D 계측 접근 방식

MSA 기본 이해하기
- 측정 시스템 정의
- 측정 시스템 성능 지수
  - 계통적 불확실성
  - 무작위 불확실성
- 측정 시스템 기능 및 성능
- 확장된 불확실성

복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택

실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행
- 반복성 연구
- 게이지 R&R 연구

계측자들을 위한 권장 사항

결론

복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택

시스템의 측정 불확실성을 평가하려면 먼저 측정 모델을 정의해야 합니다. 이 모델은 측정 시스템의 출력 수량과, 측정 과정에 관련된 것으로 알려진 입력 수량 간의 관계를 수학적으로 표현한 것입니다. 측정에는 직접 및 간접의 두 가지 유형이 있으며 이에 따라 모델 정의 방식이 달라집니다. 직접 측정은 측정 장치가 출력 수량을 직접 제공하는 경우입니다. 예를 들어, 물리적 값 X을(를) 직접 제공하는 마이크로미터를 사용하여 외경(Y)을 측정합니다. 이 경우 측정 모델(즉, 기능)은 $Y=X$(으)로 식별됩니다. 그러나 대부분의 3D 측정 장치는 간접 측정을 수행합니다. 값(Y)을 직접적으로 제공할 수 없고, 오히려 여러(n) 물리적 값(X_i), $Y=f(X_1,...,X_n)$ 의 함수가 고려됩니다. 예를 들어, 휴대용 CMM은 특정 출력을 얻기 위해 여러 인코더의 위치와 방향을 사용합니다. 이러한 물리적 값, 이 예에서 출력 수량을 계산하는 데 사용되는 인코더의 위치와 방향은 모두 특정 측정 불확실성(u_{xi})의 영향을 받습니다. 따라서 암(Y)이 제공하는 측정 결과는 추정에 사용된 값(X_i) 및 관련 불확실성(u_{xi})에 따라 달라집니다. 궁극적으로 측정된 값(Y)에는 총 불확실성(u_y)도 있습니다.

측정 시스템을 나타내는 모델이 명시적으로 공식화되면 Taylor 시리즈 또는 Monte Carlo 시뮬레이션이라는 두 가지 전략을 사용하여 입력 수량에서 출력 수량으로 불확실성을 전파하는 데 사용할 수 있습니다. 이러한 전략에 대해서는 측정 불확실성 표현 가이드(GUM)[1] 와 같은 간행물을 참조하십시오. 반면에 **모델이 너무 복잡하여 명시적으로 공식화할 수 없거나 매개변수를 알 수 없는 경우 실험 전략을 사용해야 합니다**. 통계 도구를 사용하여 출력 수량을 분석하면 측정 시스템의 전체 불확실성을 추정할 수 있습니다. 예를 들어, 계측자가 스캐너와 함께 휴대용 CMM을 사용하여 표면 프로파일을 측정하는 상황에서 측정 기능을 식별하는 것은 훨씬 더 복잡합니다. 이 경우 실험 분석을 사용해야 합니다. 측정 결과에 대해 직접 수행되기 때문에 계측자는 전체 측정 시스템을 분석할 필요가 없어 더 쉽게 간단하게 이해할 수 있습니다.

[1] 측정 데이터 평가 - Bureau International des Poids et Mesures에서 발행한 측정 불확실성 표현 가이드(JCGM 100:2008)

신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 | 스마트 3D 계측 접근 방식
MSA 기본 이해하기
측정 시스템 정의
측정 시스템 성능 지수
• 계통적 불확실성
• 무작위 불확실성
측정 시스템 기능 및 성능
확장된 불확실성
복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택
실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행
반복성 연구
게이지 R&R 연구
계측자들을 위한 권장 사항
결론

실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행

복잡한 3D 측정 시스템의 확장된 불확실성을 결정하기 위해 실험 분석을 수행하려면 먼저 반복성 연구를 수행한 다음 전체 게이지 R&R 연구를 수행해야 합니다. 다양한 설정과 시도를 사용하여 시스템의 측정 결과에 대한 데이터를 수집함으로써 계측자는 앞에서 설명한 성능 지수를 사용하여 총 변동을 추정할 수 있습니다. 그러나 이러한 연구는 전통적으로 수행 방법이 복잡하고 적절한 결과를 얻으려면 통계에 대한 광범위한 지식이 필요합니다.

그림 6
PolyWorks MSA 도구 모음

PolyWorks®는 완전한 디지털 프로세스 내에서 복잡한 3D 측정 시스템 연구를 수행하기 위한 통합 MSA 스마트 3D 계측 소프트웨어 솔루션을 제공합니다. 이를 통해 사용자는 다음을 수행할 수 있습니다.

1. 관리 계획에 필요한 주요 특성을 지정합니다.
2. 유형을 선택하고 품질 관리 및 추적 가능성에 필수적인 주요 매개변수를 정의하여 연구를 생성합니다.
3. 단 하나의 범용 소프트웨어 플랫폼 내에서 모든 3D 측정 장치 구성 및 측정 컨텍스트에 대한 데이터 수집을 수행하여 연구를 실행합니다.
4. 스마트 3D 검사 데이터에 연결된, 미리 형식이 지정된 스프레드시트를 사용하여 Microsoft Excel에 직접 게시되는 정보 보고서를 생성합니다. 그리고
5. 통계 소프트웨어 애플리케이션에 대한 고급 전문 지식 없이도 Excel에서 정교한 분석을 수행합니다.

연구 설정에서 측정 획득 및 지수, 차트와 같은 자동 생성 결과에 이르기까지, PolyWorks MSA 솔루션은 모든 계산이 하나의 소프트웨어 에코시스템 내에서 수행되고 완전한 디지털 체인에 의해 데이터 무결성과 신뢰할 수 있는 결과가 보장됩니다.

신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 | 스마트 3D 계측 접근 방식

MSA 기본 이해하기
- 측정 시스템 정의
- 측정 시스템 성능 지수
  - 계통적 불확실성
  - 무작위 불확실성
- 측정 시스템 기능 및 성능
- 확장된 불확실성

복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택

실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행
- 반복성 연구
- 게이지 R&R 연구

계측자들을 위한 권장 사항

결론

반복성 연구

측정 시스템 분석을 수행하는 첫 번째 단계는 반복성 연구입니다. 최소 변동 요인의 영향을 받는 경우 측정 시스템의 변동성 (장비 변동성)을 평가합니다. 측정 시스템의 초기 평가 중에 고정 장치 클램핑 위치 또는 계측 하드웨어의 매개변수와 같은 다양한 시스템 구성을 빠르게 비교할 때 사용합니다.

반복성 연구는 다음과 같이 수행됩니다.

1 - 고정 장치에 파트 배치(해당되는 경우)

2 - 3D 측정 장치를 사용하여 파트 측정 단계

3 - 고정 장치에서 파트 제거. 그리고

4 - 항상 동일한 파트, 고정 장치 및 측정 장치를 사용하여 1~3 단계를 반복합니다.

관리 계획을 사용하여 계측자는 통계 분석을 수행해야 하는 주요 특성을 식별합니다. 파트는 장비 변동을 보다 정확하게 추정하기 위해 최소 10번, 일반적으로 최소 30번 측정합니다. 이러한 유형의 연구는 일반적으로 측정 과정의 문제를 신속하게 감지하고 쉽게 해결하는 데 필요한 경험이 있는 수석 계측자에 의해 수행됩니다.

반복성 연구에는 두 가지 유형이 있습니다.

유형 1 게이지 연구[2] :

- 측정에 대한 편향성 및 반복성의 영향 평가
- 알려진 치수에 대한 인증된 참조 필요
- 두 가지 측정항목 출력: Cg 및 Cgk
- 인증된 기준을 사용할 수 있고 측정 시스템의 안정성이 문제가 되지 않는 경우에 적용됨

게이지 R 연구[3] :

- 측정 시스템의 반복성과 안정성 평가
- 인증된 기준이 필요하지 않음
- 변동성 및 안정성 평가를 위한 기준으로 I-MR 차트 사용

이들 간의 주요 차이점은 유형 1 연구에는 가능한 편향성을 식별하는 데 도움이 되는 인증된 기준이 필요하고 측정 시스템의 안정성을 평가하지 않는다는 것입니다.

[2] SAE International에서 발행한 Aero Engine 공급망(AS13003)에 대한 측정 시스템 분석 요구 사항.

[3] AIAG(Automotive Industry Action Group)에서 발행한 MSA(측정 시스템 분석).

신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 | 스마트 3D 계측 접근 방식

MSA 기본 이해하기

측정 시스템 정의

측정 시스템 성능 지수

- 계통적 불확실성
- 무작위 불확실성

측정 시스템 기능 및 성능

확장된 불확실성

복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택

실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행

반복성 연구

게이지 R&R 연구

계측자들을 위한 권장 사항

결론

두 가지 반복성 연구는 PolyWorks MSA 솔루션으로 촉진됩니다.

1 - 계측자는 필요한 모든 측정, 특성, 제어 및 출력 측정항목과 측정할 파트 수를 모두 갖춘 검사 프로젝트를 생성하여 연구의 필요한 단계를 단계별로 안내되며 이때 강력한 측정 템플릿이 보장됩니다.

2 - 그런 다음 측정 수집 전반에 걸쳐 화면 지침과 3D 디스플레이를 통해 작업자를 안내합니다.

3 - 측정 획득 과정이 완료되면 검사 결과는 검사 프로젝트의 3D 검사 데이터에 동적으로 연결된 미리 형식이 지정된 Excel 스프레드시트에 자동으로 게시됩니다.

4 - 사전 형식화된 스프레드시트는 자동으로 계산되고 분석 가능한 장비 변동(예: 반복성, 성능 지수 및 차트)을 계측자에게 제공합니다.

5 - 이 분석을 완료하고 측정 과정을 신속하게 최적화하기 위해 계측자는 검사 프로젝트에서 측정 매개변수를 조정하고, 이에 따른 장비 변동에 직접적인 영향을 확인할 수 있으며, PolyWorks는 자동으로 스프레드시트 색인 및 차트 값을 업데이트합니다.

게이지 R&R 연구

반복성 연구를 통해 측정 시스템 장비 변동을 분석하고 최적화할 수 있지만 측정 시스템의 최종 검증을 완료하려면 게이지 반복성 및 재현성 연구 또는 게이지 R&R 연구가 필요합니다.

게이지 R&R 연구는 일반적으로 더 많은 리소스, 파트 및 비용이 필요하기 때문에 반복성 연구 후에 실행됩니다. 또한 반복성 연구를 먼저 수행함으로써 계측자는 재현성을 분석하고 수정하기 전에 장비 변동을 수정할 수 있습니다. 측정 시스템 반복성과 재현성의 불확실성을 추정하기 위해 인정되는 몇 가지 경험적 방법이 있습니다. 가장 일반적인 두 가지 방법은 평균 및 범위 방법(X-bar R)과 분산 분석(ANOVA) 방법입니다. 두 경우 모두 데이터 수집은 신뢰할 수 있는 결과를 보장하기 위해 엄격한 규칙을 따릅니다.

- **작업자 수:** 최소 3명의 작업자가 필요하며 생산 컨텍스트에서 측정 시스템을 사용해야 합니다.
- **파트 수:** 제조 공정에서 발견되는 변형을 대표하는 파트를 2개 이상 선택해야 합니다. 10개를 선택하면 더욱 좋습니다. 파트 수가 많을수록 공정 거동을 더 잘 추정할 수 있습니다.
- **반복 횟수:** 각 작업자는 모든 파트를 두 번 이상 측정해야 합니다. 일반적으로 2~3회 반복합니다.
- **무작위 측정 순서:** 측정 순서가 결과에 영향을 미치지 않도록 하기 위해 모든 작업자는 무작위 순서로 파트를 측정해야 합니다.

신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 | 스마트 3D 계측 접근 방식

MSA 기본 이해하기
- 측정 시스템 정의
- 측정 시스템 성능 지수
  - 계통적 불확실성
  - 무작위 불확실성
- 측정 시스템 기능 및 성능
- 확장된 불확실성

복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택

실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행
- 반복성 연구
- 게이지 R&R 연구

계측자들을 위한 권장 사항

결론

PolyWorks MSA 솔루션을 사용하면 다음 두 가지 표준 방법을 사용하여 전체 게이지 R&R 연구를 만들고 실행할 수 있습니다.

1 - 계측자는 분석 방법을 신속하게 선택하고 작업자, 반복 및 파트 수와 같은 매개변수를 지정합니다.

2 - 그런 다음 PolyWorks는 특정 실행 순서에 따라 필요한 모든 파트를 포함하는 검사 프로젝트를 생성합니다.

3 - 실행 순서 시트는 자동으로 Excel 스프레드시트로 내보내지며, 이를 통해 작업자는 측정 수집 과정을 진행할 수 있으며 임의의 측정 순서가 보장됩니다.

4 - 도구 모음은 검사 프로세스를 통해 작업자를 안내하여 모든 주요 특성이 측정되고 신뢰할 수 있는 측정 결과를 얻기 위해 충분한 프로브 및 스캔 데이터가 수집되도록 합니다.

5 - 측정이 완료되면 계측자는 검사 프로젝트를 사용하여 측정 시스템의 변동성을 추정합니다.

X-bar R과 ANOVA 방법론의 주요 차이점은 결과 분석에 있습니다. X-bar R 방법을 사용하면 관리도 계산을 사용하여 반복성과 재현성을 수량화할 수 있습니다. 방법론에 대한 자세한 내용은 AIAG의 "측정 시스템 분석" 가이드를 참조하십시오. ANOVA 방법론을 사용한 게이지 R&R은 더 많은 정보를 제공하므로 더 포괄적입니다.

분산 분석(ANOVA)은 다음과 같이 측정 시스템의 변동 원인을 분석하는 통계 분석입니다.

- **반복성:** 다른 변동 원인으로 인한 것이 아닌 측정 시스템의 변동.
- **작업자:** 작업자 간의 차이.
- **파트/작업자 상호 작용:** 작업자 및 파트 간 상호 작용으로 인한 변동(작업자가 다양한 파트를 각기 다른 방식으로 측정할 때).
- **파트 간:** 연구 내에서 사용되는 파트에 의해 발생하는 변동. 제조 공정의 변동을 나타냅니다.

사용 방법에 관계없이 변동의 원인은 통계적으로 독립적인 것으로 간주됩니다. 따라서 전체 불확실성을 표현하기 위해 무작위 기준(분산의 합)으로 구성됩니다.

첫째, 방법론은 파트와 작업자 간의 상호 작용으로 인한 변동이 중요한지 여부를 결정합니다. 그렇다면 이는 다음과 같이 시스템($\sigma_{\text{재현성}}$)의 전체 재현성에서 고려되어야 합니다

$$\sigma_{\text{재현성}}^2 = \sigma_{\text{작업자}}^2 + \sigma_{\text{상호 작용}}^2$$

연구 중에 반복성($\sigma_{\text{반복성}}$)이 직접 확인되면 측정 시스템의 반복성 및 재현성($\sigma_{R\&R}$)을 다음과 같이 결정할 수 있습니다.

$$\sigma_{R\&R}^2 = \sigma_{\text{재현성}}^2 + \sigma_{\text{반복성}}^2$$

신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 | 스마트 3D 계측 접근 방식

MSA 기본 이해하기
- 측정 시스템 정의
- 측정 시스템 성능 지수
  - 계통적 불확실성
  - 무작위 불확실성
- 측정 시스템 기능 및 성능
- 확장된 불확실성

복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택

실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행
- 반복성 연구
- 게이지 R&R 연구

계측자들을 위한 권장 사항

결론

마지막으로 측정된 전체 공정 변동($\sigma_{전체}$)은 다음과 같이 추정된 제조 공정 변동($\sigma_{파트\ 간}$)에 측정 시스템의 반복성과 재현성을 더하여 구합니다.

$$\sigma_{전체}^2 = \sigma_{R\&R}^2 + \sigma_{파트\ 간}^2$$

연구 결과 분석은 다음과 같이 구성됩니다.

- 측정 시스템 불확실성($\sigma_{R\&R}$) 이 측정된 전체 공정 변동에 일부라도 영향을 주는지 확인합니다. 추정된 제조 공정 변동(파트 간)은 대부분의 변동성의 원인입니다. 파트 간 변동에 의한 기여도가 나머지 불확실성보다 상대적으로 높다는 것은 측정 시스템이 제조 오류를 확실하게 구별할 수 있음을 의미합니다.
- 측정 시스템 변동을 사양 한도(공차)와 비교하여 변동이 한도의 최대 30%를 나타내는지 확인합니다.

PolyWorks MSA 솔루션의 게시 단계에서는 읽기 쉬운 표, 요약, 및 차트의 형태로, MSA 연구 데이터를 해석 가능한 결과와 실행 가능한 데이터로 변환합니다(그림 7 참조). 이것은 연구 결과의 해석과 문제 해결에 매우 중요하므로 디지털 연구 프로세스에서 강력하고 중요한 부분입니다. 이를 통해 사용자는 선택한 X-Bar R 또는 ANOVA Excel 템플릿에 결과를 게시하고 측정 오류 및 기타 변동 요인을 신속하게 분석할 수 있습니다. 예를 들어 ANOVA 연구를 수행할 때 계측자는 파트, 평가자, 파트와 평가자 간의 상호 작용, 게이지로 인한 복제 오류라는 4가지 범주로 분산을 분류할 수 있습니다.

Gauge Repeatability and Reproducibility Report

Sources of Variation	Standard Deviation (SD)	Expanded Std Deviation (Study Variation * SD)	% Study Variation (% SV)	% Tolerance (SV/Tolerance)
1. Total Gauge R&R	0.7934	4.7602	99.87	238.01
1.1 Repeatability	0.4101	2.4608	51.63	123.04
1.2 Reproducibility	0.6791	4.0748	85.49	203.74
1.2.1 Operator	0.6791	4.0748	85.49	203.74
1.2.2 Part/Operator	n/a	n/a	n/a	n/a
2. Part-To-Part	0.0412	0.2472	5.19	12.36
Total Variation	0.7944	4.7666	100.00	238.33

Number of Distinct Categories =	1

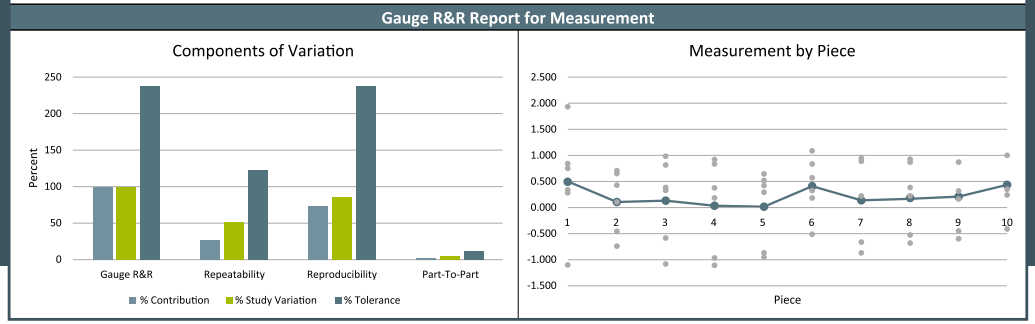


그림 7
게이지 R&R

신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 | 스마트 3D 계측 접근 방식

MSA 기본 이해하기
- 측정 시스템 정의
- 측정 시스템 성능 지수
  - 계통적 불확실성
  - 무작위 불확실성
- 측정 시스템 기능 및 성능
- 확장된 불확실성

복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택

실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행
- 반복성 연구
- 게이지 R&R 연구

계측자들을 위한 권장 사항

결론

계측자들을 위한 권장 사항

시스템의 측정 결과에 대해 수집된 데이터를 통해 측정 불확실성의 영향에 대한 피드백을 알 수 있습니다. 성능 지수(5페이지)를 사용하여 계측자는 측정 과정을 최적화하기 위한 시정 조치를 취할 수 있습니다. 그림 8와 같이 오류 값의 목표 및 산점도와 같은 구체적인 예를 사용하겠습니다.

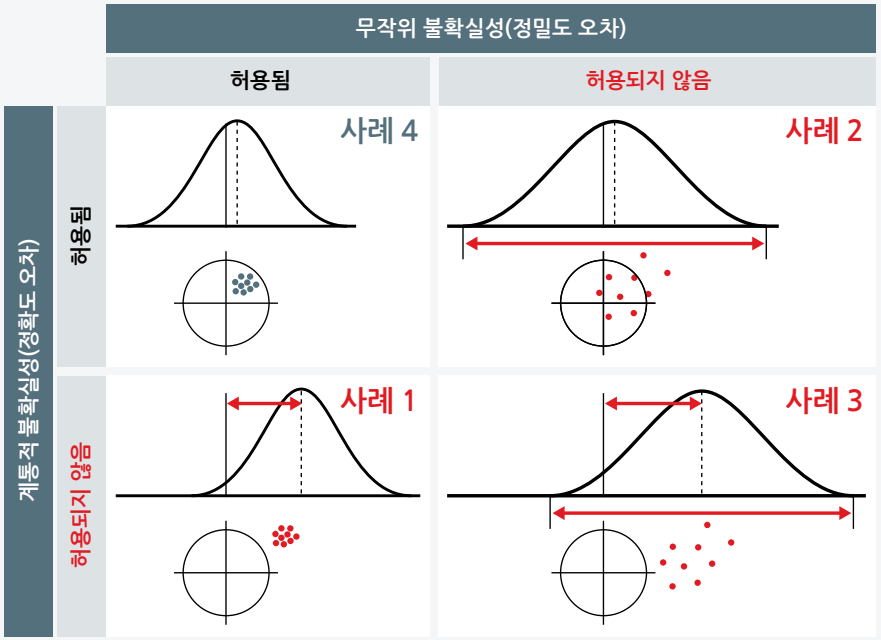


그림 8 정확도 및 정밀도 오차

계측자가 식별할 수 있는 첫 번째 문제(사례 1)는 정확도 오차가 있는지 여부입니다. 이는 시스템의 선형성에 대한 편향에서 비롯될 수 있지만 두 경우 모두 이 오차를 쉽게 수정할 수 있습니다. 정확도 오차의 가능한 원인은 일 수 있습니다.

- 교정이 필요한 계측 장치
- 마모된 장치, 장비 또는 고정 장치
- 분석 과정에 사용된 참조 오류
- 측정 방법(예: 클램핑 기술)

계측자가 직면할 수 있는 두 번째 문제는 정밀도 오차가 있는 경우입니다(사례 2). 이것은 측정 시스템 자체와 관련되거나(반복성) 작업자에 의해 발생할 수 있습니다(재현성).

정밀도 오차의 가능한 원인[4]:

- 관련 파트: 형태, 위치, 표면 마감, 테이퍼, 샘플 일관성
- 기기 관련: 수리, 마모, 장비 또는 고정 장치 고장, 품질 불량 또는 유지 보수
- 방법론 관련: 설정, 기술, 고정, 클램핑의 변동
- 작업자 관련: 기술, 위치, 경험이나 조작 기술 또는 교육 부족, 피로감

모든 오류 소스가 존재하는 경우(사례 3), 계측자는 지수를 사용하여 측정 시스템 성능을 분석하고 측정 시스템이 수용 가능하도록 한 번에 한 가지 유형의 오차를 수정해야 합니다(사례 4).

[4] AIAG(Automotive Industry Action Group)에서 발행한 MSA(측정 시스템 분석).

신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 | 스마트 3D 계측 접근 방식
MSA 기본 이해하기
측정 시스템 정의
측정 시스템 성능 지수
• 계통적 불확실성
• 무작위 불확실성
측정 시스템 기능 및 성능
확장된 불확실성
복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택
실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행
반복성 연구
게이지 R&R 연구
계측자들을 위한 권장 사항
결론

결론

효과적인 측정 시스템 분석 과정을 통해 신뢰할 수 있는 3D 측정값을 수집할 수 있습니다. 오늘날에는 여러 타사 소프트웨어 솔루션과 통계 소프트웨어 애플리케이션에 대한 고급 전문 지식이 필요한 오래된 방식의 복잡한 프로세스로 인해 어려움을 겪을 필요가 없습니다.

PolyWorks® MSA 스마트 3D 계측 소프트웨어 솔루션은 3D 측정 장치가 있는 환경에 대한 MSA 연구의 설정 및 실행을 크게 단순화하므로 측정 시스템 변화에 대한 안정적인 분석이 가능합니다. 측정 데이터 무결성을 보장하고 제조사가 모든 새 파트에 대해 자신 있게 MSA 연구를 수행하여 더 나은 품질 관리를 제공하는 쉽게 사용할 수 있는 완전한 디지털 워크플로를 제공합니다.

Laurent mond-Girard, P.Eng., M.A.Sc.
제조 공정 엔지니어, InnovMetric

innovmetric

추가 정보를 원하는 경우

연락: 1-418-688-2061 | info@innovmetric.com

당사 웹사이트 방문: www.innovmetric.com

© 2022 InnovMetric Software Inc. 모든 권리 보유.

WP-MSA-LTKO-IM-0.0

신뢰할 수 있는 3D 측정 수집 | 스마트 3D 계측 접근 방식

MSA 기본 이해하기
- 측정 시스템 정의
- 측정 시스템 성능 지수
  - 계통적 불확실성
  - 무작위 불확실성
- 측정 시스템 기능 및 성능
- 확장된 불확실성

복잡한 3D 측정 시스템의 불확실성을 평가하기 위한 적절한 방법론 선택

실험 방법론과 스마트 3D 계측 소프트웨어를 사용하여 MSA 연구 수행
- 반복성 연구
- 게이지 R&R 연구

계측자들을 위한 권장 사항

결론