

3D 스캐닝으로 블레이드 디스크 밀링 공정의 정확도와 효율성 개선



고객사:
ODK UMPO PAO

산업:
항공 우주

과제:
블레이드 디스크 밀링의 정확도와
효율성 개선

솔루션:
SPRINT™ 기술을 채택한
기계 내 3D 스캐닝 시스템.

러시아 우파에 소재하고 있는 ODK UMPO PAO는 러시아 최대의 가스 터빈 엔진 공급업체로, 고정 및 회전 날개 항공기 그리고 가스 및 오일 생산 부문의 고성능 가스 터빈 엔진을 설계, 제조, 정비하고 있습니다.

ODK UMPO PAO는 블레이드 디스크 밀링 공정의 정확도와 효율성을 높이고자 했습니다. 가스 터빈 엔진에 사용되는 블레이드 디스크는 표면 곡률이 크고 복잡하여 부품 제조가 까다롭다는 문제가 있습니다.

교육, 과학 연구 및 엔지니어링 서비스 기업인 NPA Tekhnopark Aviation Technology는 SPRINT™ 기술 및 Productivity+™ 스캐닝 제품군과 함께 Renishaw의 OSP60 기계 내 3D 스캐닝 프로브를 채택해 이 과제를 극복하기 위해 ODK UMPO PAO와 긴밀하게 협력했습니다.

배경

압축기, 연소기 및 터빈으로 구성되는 정밀 기계 조립에서, 블레이드 디스크는 드래그 현상을 최소화하고 엔진의 기류와 엔진에서 생성되는 추력의 양을 최적화하는 데 있어 중요한 역할을 합니다.

1980년대 중반에 도입된 블레이드 디스크는 로터 디스크와 여러 곡선형 블레이드를 구성하는 하나의 구성품입니다. 블레이드 디스크는 별도의 블레이드를 베어 로터에 부착할 필요가 없어 터빈 설계를 쉽게 바꿀 수 있기 때문에 구성품 수가 상당히 감소하고 신뢰성을 높이며 엔진 효율성이 극대화되는 이점이 있습니다.

블레이드 디스크는 티타늄이나 니켈 기반 합금과 같이 경도가 매우 높은 고가의 금속으로 제조됩니다. 밀링은 제조 과정에서 가장 중요한 가공 공정이며, 블레이드 디스크의 높은 곡률 표면으로 인해 다축 CNC 공작 기계와 고급 소프트웨어가 필요합니다.

블레이드 디스크 밀링은 일반적으로 황삭 밀링과 세미 피니싱을 통해 구성품을 제조한 후 정삭 밀링을 거쳐 고정밀 블레이드와 로터 표면을 완성하는 단계를 거칩니다.



표면 곡률이 큰 블레이드 디스크 예

과제

ODK UMPO PAO의 경우 블레이드 디스크의 복잡성과 높은 가공 정밀도 때문에 다양한 블레이드 디스크에 대한 정삭 밀링 공정이 노동 집약적이며 공정에 소요되는 비용이 계속 증가하는 문제에 직면했습니다.

기계 내 디스크 측정에 접촉식 트리거 프로브를 사용함에도 불구하고, 밀링 후 오프라인 측정과 검사를 위해 CNC 공작 기계에서 각 공작물을 제거했다가 다시 공작물을 장착하여 가공을 진행하는 절차를 반복해야 했습니다. 이 공정을 여러 차례 반복해야 했으며 그 과정에서 휴먼 에러가 발생하곤 했습니다.

ODK UMPO PAO는 블레이드 디스크 생산에 소요되는 총 인건비 중 약 30% ~ 60%가 기계밖(off-machine) 검사 및 밀링 공정에 쓰이고 있다고 추정했습니다. 또한 (선행 및 후행 에지 가공 후) 블레이드의 치수 편차에 대한 통계 분석 결과 오차가 존재하는 것이 확인되었습니다.



고속 측정 시스템을 필요로 하는 다중 블레이드

블레이드 단면의 편차는 잔류 허용 편차 ± 0.064 mm, 공칭 프로파일 대비 오프셋 0.082 mm였습니다. 세로 방향 단면의 편차도 유사했는데, 잔류 허용 편차가 ± 0.082 mm이고 공칭 프로파일 대비 오프셋은 0.111 mm였습니다.

ODK UMPO PAO는 에지 가공 중 발생하는 편차의 주된 이유가 5-축 작업 중 발생하는 기계의 동역학적 오차, 절삭 공정 중 낮은 강도로 인해 변형되는 블레이드의 탄성, 금속 절삭 중 변형되는 공구의 탄성이라고 결론을 내렸습니다.

ODK UMPO PAO의 수석연구원인 Fanis Salakhov는 말합니다.

“에지 가공 중 발생하는 편차는 제어 소프트웨어를 조정하고 공작물을 다시 장착하기 위해 엔지니어가 항상 기계를 살펴봐야 한다는 것을 의미합니다.”

“이 공정에서 수많은 작업자들이 개입함에 따라 다수의 휴먼 에러로 인한 불량률이 급격하게 증가했습니다. 보다 빠른 고정밀 블레이드 디스크 밀링을 위한 근본적으로 새로운 솔루션을 개발해야 할 필요성이 명백해졌습니다.”

ODK UMPO PAO가 블레이드 디스크 밀링용 CNC 제어 기술 개발을 위해 필요한 기술 사양에 포함시킨 요건들은 다음과 같습니다.

- 매개변수화 제어 프로그램을 사용한 세미 피니싱
- 기계 내 공작물 검사
- 검사 결과를 기반으로 매개변수화 제어 프로그램 교정
- 교정된 매개변수화 제어 프로그램을 사용한 공작물 정삭 밀링

투자 결과는 예상을 훨씬 뛰어넘었습니다. 블레이드 디스크의 정삭 밀링 정확도가 4배 이상 개선되었으며 관련 인건비는 절반으로 감소했습니다.

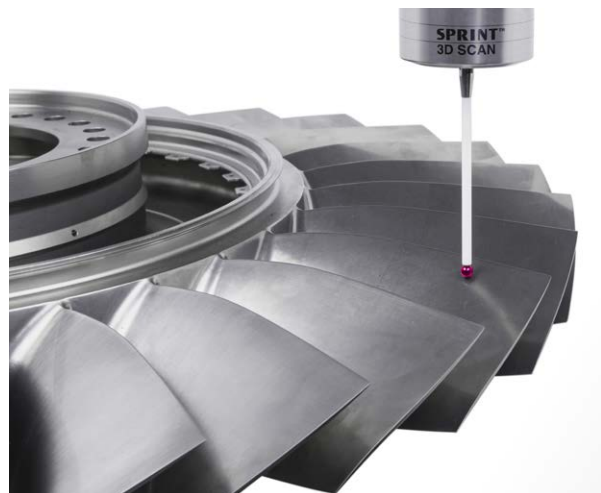
ODK UMPO PAO(러시아)

솔루션

ODK UMPO PAO는 공정 제어를 개발하고 이행할 업체로 NPA Tekhnopark Aviation Technology를 선택했습니다. ODK UMPO PAO와 같은 지역에 있는 이 회사는 현지 업체들에게 교육, 과학 연구 및 엔지니어링 서비스를 제공하고 있습니다.

Tekhnopark의 기술 과학 박사이자 혁신 사업부 부수석인 Simon Starovoytov는 말합니다. “수년 동안 Renishaw와의 성공적인 협력으로 기계에 Renishaw 접촉식 트리거 프로브를 장착하여 측정 정확도를 대폭 개선할 수 있었습니다.”

“ODK UMPO PAO의 경우, 스캐닝 프로브를 기반으로 한 소프트웨어 개발의 필요성이 명확했기에 Renishaw 파트너들에게 연락을 취했습니다. Renishaw의 공작 기계용 SPRINT 3D 스캐닝 측정 기술은 우리에게 필요한 모든 기술적 역량을 제공해 주었습니다.”



블레이드 자유 표면의 접촉식 스캐닝

SPRINT™ 기술

OSP60 기계 내 3D 스캐닝 프로브는 Renishaw 고유의 SPRINT 기술을 채택하고 있습니다.

프로브 스타일러스 팁이 블레이드 디스크 표면을 정밀하게 따라가기 때문에, 반응성이 뛰어난 스타일러스 팁에서의 모든 서브미크론 X, Y 및 Z 이동을 등록하면서 고분해능 스타일러스 편차 데이터를 뛰어난 정확도로 기록할 수 있습니다.

OSP60은 노이즈 저항성이 뛰어난 고속 옵티컬 전송 링크를 사용하여 매 초마다 OMM-S 수신기로 수천 개의 XYZ 팁 센터 데이터 점을 전송합니다. 이후 고급 알고리즘이 공작 기계 위치 엔코더 데이터와 함께 프로브 편차 데이터를 처리하여 정확한 블레이드 디스크 표면 데이터를 생성하며, 이 데이터는 정밀한 형상 위치와 크기 및 형태를 계산하는 데 사용됩니다.

Productivity+™ 기술

Productivity+ CNC plug-in을 사용하면 최대 15,000 mm/min 스캐닝 속도로 기존의 접촉식 트리거 시스템에 비해 최대 6배 빠르게 기계 내 측정이 가능합니다. 블레이드 디스크가 공작 기계에서 스캔되어 가공 중 공작물을 제거할 필요가 없습니다.

또한 소프트웨어가 실시간으로 고 정밀 측정 결과를 표시하며, 이러한 결과를 사용하여 정삭 밀링 공정에 대한 공작 기계 설정을 자동으로 조정합니다. 측정 보고서는 분석 또는 품질 보증 용도로 파일로 내보낼 수 있습니다.

블레이드 디스크 검사 프로그램은 기존의 그래픽 프로그래밍 소프트웨어를 사용하여 솔리드 모델 형상으로부터 쉽고 빠르게 검사 프로그램을 생성할 수 있으며, Productivity+는 사용자에게 복잡한 NC 코드 프로그램 대신 이해하기 쉬운 그래픽 화면을 통해 프로브 검사 루틴을 편집 및 실행하는 데 사용됩니다.

결과

Productivity+와 OSP60 프로브의 도입은 가공 정밀도와 속도 및 인건비 측면에서 ODK UMPO PAO의 블레이드 디스크 제조 공정에 큰 영향을 미쳤습니다.

공작 기계에서 블레이드 디스크에 대한 매우 빠른 속도의 3D 스캐닝과 측정이 가능해 생산 공정 시간이 크게 감소하여 CNC 기계 생산성이 대폭 증가하는 결과로 이어졌습니다.

블레이드 디스크 밀링 정확도와 관련하여, 에지 가공 후 블레이드 디스크 단면과 세로 방향 단면의 편차를 비교한 결과 이전 공정에서는 각각 0.082 mm와 0.111였던 것이 새로운 공정에서는 1 µm와 28 µm로 크게 개선되었습니다.

기계 작업자에 미치는 영향과 관련해서 Starovoytov는 말합니다. “OSP60 프로브가 제공하는 3D 블레이드 스캐닝 데이터를 기준으로 제어 시스템의 실행 모드가 CNC 제어 프로그램을 자동으로 조정합니다. 따라서 더 이상 엔지니어가 기계 옆에 상주할 필요가 없습니다.”

Salakhov는 다음과 같이 결론을 맺습니다. “SPRINT 3D 스캐닝 기술과 Productivity+ CNC 소프트웨어의 조합으로 블레이드 디스크의 아주 작은 편차까지도 항상 실시간으로 식별이 가능합니다. 접촉식 트리거 시스템에서는 찾아낼 수 없었던 것들이죠.”

“투자 결과는 예상을 훨씬 뛰어넘었습니다. 블레이드 디스크의 정삭 밀링 정확도가 4배 이상 개선되었으며 관련 인건비는 절반으로 감소했습니다.”

추가 정보: www.renishaw.co.kr/umpo

Renishaw Korea Ltd

서울시 구로구 디지털로 33길 28
우림이비즈센터1차 1314호

전화 +82 2 2108 2830
팩스 +82 2 2108 2835
전자 메일 korea@renishaw.com

www.renishaw.co.kr

연락처 정보는 www.renishaw.co.kr/contact 를 참조하십시오.

레니쇼(Renishaw)는 출판일 당시의 본 문서의 정확성에 최선을 다했지만, 그에 대한 보증이나, 향후 어떠한 방식으로든 발생될 수 있는 오류에 대한 책임을 지지 않습니다. RENISHAW는 어떠한 상황에서도 본 안내서의 부정확성에 대하여 어떠한 책임도 지지 않습니다.

© 2020 Renishaw plc. All rights reserved.

Renishaw는 예고 없이 사상을 변경할 수 있는 권리를 보유합니다. RENISHAW 로고에 사용된 RENISHAW와 프로브 엠블럼은 영국과 기타 국가에서 Renishaw plc의 등록 상표입니다. apply innovation과 레니쇼 제품 및 기술에 적용된 명칭은 Renishaw plc 및 지사의 등록 상표입니다.

이 문서에 사용된 모든 상표 이름과 제품 이름은 해당 소유주의 상호, 상표 또는 등록 상표입니다.



H - 5650 - 4118 - 01

부품 번호: H-5650-4118-01-A

발행일: 09.2020