



애플리케이션 노트: FORTiS™ 엔코더로 에어 퍼지 사용량 감소

최대 91% 에너지 절약 달성

리니어 엔코더의 에어 퍼지를 사용하면 여러 가지 신뢰성 향상 효과를 얻을 수 있습니다.

그러나 필요한 양의 건조하고 깨끗한 압축 공기를 지속적으로 공급하려면 기계 수명 전체에 걸쳐 상당한 에너지가 소비됩니다.

이로 인해 총 유지 비용(TCO)이 증가할 뿐 아니라, 엔코더의 수명 동안 발생하는 CO2e(이산화탄소 환산 배출량)에도 영향을 미치게 됩니다.

리니어 엔코더에서 에어 퍼지를 사용하는 이유는 무엇인가요?

에어 퍼지를 적용하면 리니어 엔코더의 밀폐 성능을 높이는 데 도움이 됩니다. 오염 물질이 립 씬을 통해 침투하더라도 엔코더 압출부 내부의 양압이 해당 오염 물질을 다시 밀어낼 수 있도록 도와줍니다. 에어 퍼지는 액체 및 입자 오염 물질에 모두 효과적입니다.

또한 결로 형성을 방지하고, 기계 전원이 꺼져 압출부 온도가 내려갈 때 엔코더가 오염된 공기를 “들이마시는” 현상도 막아줍니다. 이는 기계 수명 전반에 걸쳐 유익하며, 특히 냉각수 안의 강한 화학물질로 인해 립 씬이 마모되거나 손상되고 경화될 때 더욱 중요합니다.

또한 오염 물질이 엔코더 압출부 내부로 들어가는 경우 에어 퍼지가 오염 물질을 다시 밖으로 배출하도록 도와줍니다. 그림 1에서는 고의로 오일이 흘러 넘치게 한 FORTiS 엔코더에 1 bar(0.1MPa) 에어 퍼지가 연결되어 있습니다.

이 에어 퍼지가 엔코더의 오일을 다시 배출하여 양호한 신호 수준이 회복되면 엔코더가 다시 정상적으로 작동합니다.

수분이 많은 오염원이 가득찬 엔코더에 건조한 에어 퍼지를 공급하면 비슷한 효과를 얻을 수 있습니다. 이러한 에어퍼지의 이점은 가장 열악한 조건에서도 기계의 장기적인 신뢰성을 보장하는 것입니다.

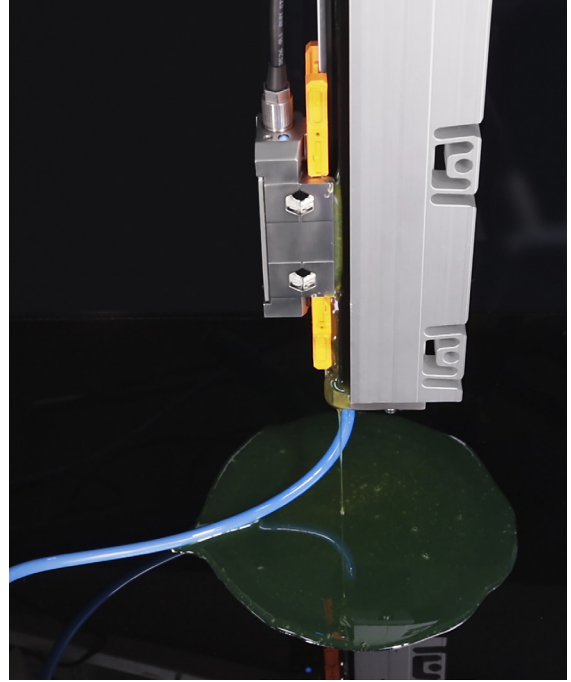


그림 1. 고의로 오일이 유입된 FORTiS 엔코더에서 오일을 배출하는 에어 퍼지

에어 퍼지 옵션은 어떤 것이 있나요?

에어 퍼지 옵션을 간단하게 “켜기” 또는 “끄기” 옵션으로 보는 것보다 기계의 각 축이 지니는 특성에 맞춰 최적화하는 방식이 더 효율적입니다.

FORTiS 엔코더는 DuraSeal™이라는 독자적인 립 씬 소재를 사용합니다. 이 소재는 판독 헤드 블레이드 주위를 더 단단히 밀봉하여 경쟁사 제품에 비해 에어 퍼지의 유량을 상당히 줄여줍니다. 따라서 더 낮은 에어 퍼지 압력으로 밀봉 효과를 높일 수 있습니다.

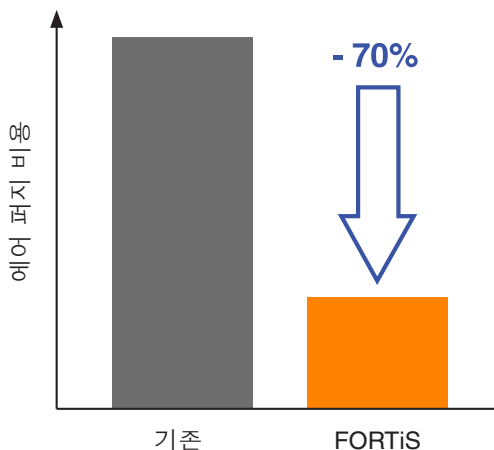


그림 3. 다른 밀폐형 옵티컬 엔코더 대비 공기 소비가 적은 FORTiS 엔코더

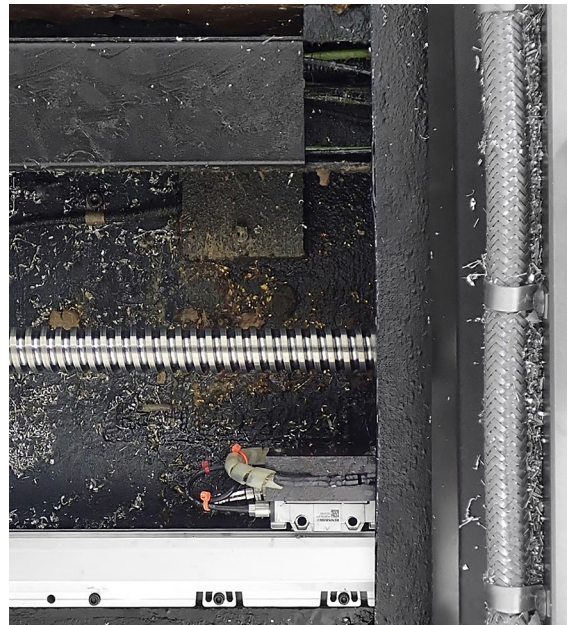


그림 2. 커버로 보호되더라도 리니어 엔코더는 지속적으로 입자·그리스·냉각수에 노출됩니다.

특히 오염에 많이 노출되는 축, 예를 들어 매우 강성 소재를 가공하는 기계에서는 최대 1 bar(0.1 MPa) 에어 퍼지 압력을 사용하는 것이 좋습니다.

그러나 많은 기계의 경우 엔코더가 높은 위치에 있거나 기계 챔버와 상대적으로 먼 거리에 있습니다. 이러한 경우 엔코더는 수명 기간 동안 오염에 노출되는 빈도가 훨씬 더 적습니다.

따라서 저유량 에어 퍼지 방식을 채택하여 에어 퍼지 사용을 줄일 수 있습니다. 저유량 에어 퍼지 적용 프로세스는 간단합니다. 먼저 저압 상태에서도 잘 작동할 수 있는 엔코더를 식별합니다. 그런 다음 에어 필터 조절기의 압력을 낮추고 엔코더의 압력을 확인하면 됩니다.



그림 3. 엔코더에서 에어 퍼지를 사용함으로써 극한 조건에서도 엔코더 압출부에 오염 물질이 들어가는 것을 방지합니다.

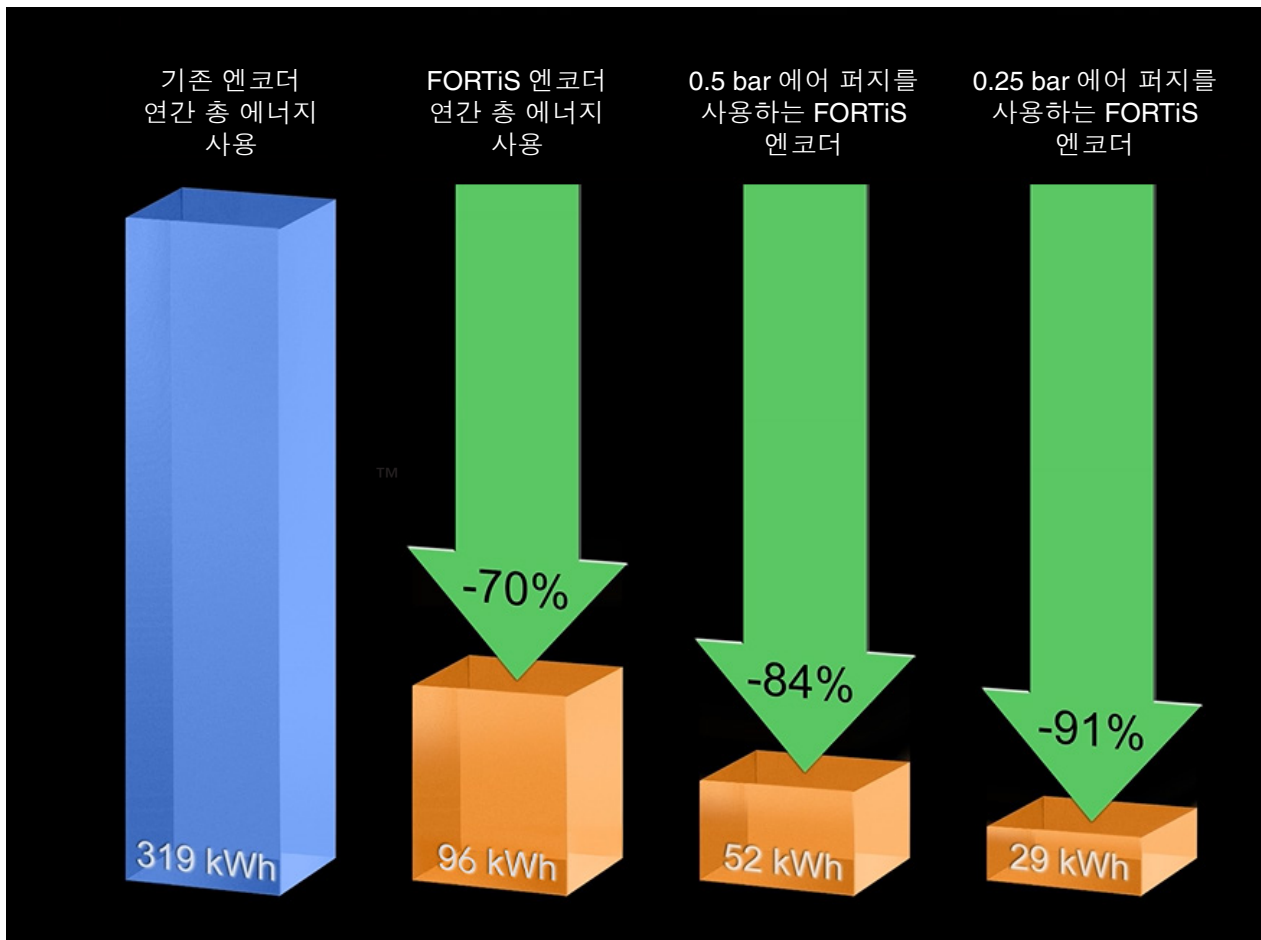


그림 4. 에어 퍼지 사용을 70% 감소시키는DuraSeal™ 립 씬에 “저유량”에어 퍼지 방식을 채택함으로써 더 큰 절감 효과를 얻을 수 있습니다.

어떤 절감 효과를 얻을 수 있나요?

FORTiS 엔코더의 우수한 밀봉 성능은 에어 퍼지 유량을 분당 7-10리터에서 2 리터로 줄여줍니다. 따라서 FORTiS 엔코더로 교체하는 것만으로도 70-79%의 에너지(및 Co2e) 절감 효과를 얻을 수 있습니다.

또한 “저유량” 에어 퍼지 방식을 채택함으로써 절감 효과를 더 높일 수 있습니다. 0.5 bar(0.05 MPa) 에어 퍼지 압력을 가하면 절감 효과는 84-89%로 증가합니다. 에어 퍼지 압력을 0.25 bar(0.025 MPa)로 줄이면 절감 효과가 91-94%에 달합니다.

	브랜드 A	브랜드 B	FORTiS 1.0 bar 에어	FORTiS 0.5 bar 에어	FORTiS 0.25 bar 에어
엔코더 에너지 (kWh)	7.7	6.16	7	7	7
에어 퍼지 에너지 (kWh)	446.7	312.7	89.3	44.7	22.3
총 에너지(kWh)	454.4	318.8	96.3	51.7	29.3
브랜드 A 대비 감소율(%)		30%	79%	89%	94%
브랜드 B 대비 감소율(%)			70%	84%	91%

주:

- 이 시나리오는 연간 에너지 사용량을 보여줍니다. 하루 2교대, 1교대 8시간, 1년 350일 사용하는 기계의 엔코더 사례입니다. 1년 365일, 하루 24시간 에어 퍼지가 작동합니다.
- 하루 2교대, 1교대 8시간, 1년 350일 엔코더가 켜져 있습니다.
- 엔코더 에너지는 5V 전원 공급에 대해 제조업체가 공개한 데이터 시트 사양에 주 1과 2에 명시된 연간 사용량을 곱한 값을 기준으로 합니다.
- 7-10 리터/분의 에어 퍼지 유량은 에어 퍼지 사용량에 대해 제조업체가 공개한 데이터 시트 사양을 기준으로 합니다.
- 에어 퍼지 에너지는 연간 공기 사용량을 제공하는 데 필요한 에너지를 기준으로 산정됩니다.

이는 제조업체가 공개한 데이터 시트에 명시된 공기 흐름 속도를 기준으로 합니다. 또한 1년 365일, 하루 24시간 에어 퍼지가 작동하는 경우 1 bar(0.1 MPa) 압력을 기준으로 합니다.

FORTiS 엔코더의 경우 2 리터/분 유량에서 연간 에어 사용량은 $0.002 \text{ m}^3/\text{분} \times 60 \times 24 \times 365 = 1051 \text{ m}^3/\text{년}$ 입니다. 브랜드 A의 경우 에어 퍼지 유량은 10리터/분 기준의 제조업체 데이터 시트에 명시되어 있습니다. 따라서 연간 공기 사용량은 $0.01 \text{ m}^3/\text{분} \times 60 \times 24 \times 365 = 5256 \text{ m}^3/\text{년}$ 입니다.

브랜드 B의 경우 에어 퍼지 유량은 7리터/분 기준의 제조업체 데이터 시트에 명시되어 있습니다. 따라서 연간 공기 사용량은 $0.007 \text{ m}^3/\text{분} \times 60 \times 24 \times 365 = 3679 \text{ m}^3/\text{년}$ 입니다.

6. 연간 공기 사용량을 제공하는 데 필요한 에너지를 계산하기 위해 대표값 $0.085 \text{ kWh}/\text{Nm}^3$ 을 사용했습니다. 이 값은 ISO 2533에 따라 공기 압축기가 1.0 bar 압력(0.1 Mpa), 15 °C에서 1 ‘정상 입방미터(Nm³)’의 압축 공기를 제공하는 데 필요한 일반적인 값입니다.

“저유량” 에어 퍼지는 언제 사용할 수 있나요?

각 기계에 대해 엔코더가 노출되는 오염 위험 수준을 평가해야 합니다. 이때 고려해야 할 요인은 다음과 같습니다.

1. 기계에서 엔코더의 위치.
2. 기계 챔버와 엔코더 위치 사이 가드/밀폐 정도.
3. 기계에서 절삭되는 재료의 유형.
4. 특정 공정에 필요한 냉각재의 양.

엔코더 위치는 엔코더가 경험할 오염의 양에 큰 영향을 미칩니다. 일반적으로 큰 기계일수록 엔코더가 오염에 덜 노출됩니다. 그 이유는 엔코더가 가공 영역에서 더 멀리 떨어져 있기 때문입니다.

에어 퍼지 최적화에 대한 세부적인 접근 방식은 특정 기계 유형에 따라 다릅니다(다음 섹션 참조).

수직 머시닝 센터

기존 소형 수직 머시닝 센터(VMC)의 경우에는 엔코더가 슬라이드식 스테인리스 강 커버 뒤, 즉 가공 영역에 매우 가까운 위치에 배치됩니다. 이 커버는 냉각수가 직접 분출되거나 절삭 칩/파편이 엔코더로 날아 들어가는 것을 효과적으로 방지합니다. 그러나 시간이 지나면서 오염물질이 커버를 통과하게 되며, 특히 미세한 입자 형태의 오염은 쉽게 침투하게 됩니다.

이러한 응용환경에서는 입자에 의한 오염으로부터 엔코더를 완전히 보호할 수 없어 엔코더는 이러한 조건에서도 작동할 수 있어야 합니다. 경우 0.5 ~ 1 bar(0.05 ~ 0.1 MPa)의 에어 퍼지 압력을 적용하는 것이 적절하며, 마모가 잘 되는 재료를 가공하는 경우 최대 1 bar의 압력을 유지하는 것이 좋습니다. 주철, 세라믹, 유리 또는 복합재 등이 여기에 해당합니다.

대형 수직 머시닝 센터의 경우 X축과 Y축이 가공 영역에서 더 멀리 떨어진, 기계 상부 쪽에 배치되는 경우가 많습니다. 이러한 경우 0.25 ~ 0.5 bar(0.025 ~ 0.05 MPa)의 에어 퍼지 압력을 엔코더에 가하는 것이 적합합니다.



수평 머시닝 센터

수평 머시닝 센터의 경우 적절한 에어 퍼지 압력 수준은 기계 구성으로 결정됩니다. 특히 Z축 리니어 엔코더는 교체가 어렵고 많은 양의 오염에 노출되는 테이블 아래에 위치할 수 있습니다. 또한 기계 내부에서 교체가 더 쉽고 오염 노출이 매우 적은 높은 곳에 위치할 수도 있습니다.

X축과 Y축은 일반적으로 오염으로부터 잘 보호되지만 경우에 따라 X축 리니어 엔코더가 테이블 아래에 위치할 수 있습니다.

Z축 또는 X축 리니어 엔코더가 테이블 아래에 있는 경우에는 0.5 ~ 1 bar(0.05 ~ 0.1 Mpa) 에어 퍼지가 적절합니다. Z축 또는 X축 리니어 엔코더가 기계에서 높은 곳에 위치하는 경우에는 에어 퍼지 압력이 0.25 ~ 0.5 bar(0.025 ~ 0.05 Mpa)로 감소할 수 있습니다.



CNC 공구 연삭기

CNC 공구 연삭기의 경우 기계 레이아웃은 소형 VMC의 기계 레이아웃과 대체로 유사합니다. 이 경우 냉각수를 많이 사용하며 연삭 공정에서 매우 단단하고 연마성이 강한 입자 오염이 발생합니다. 대부분의 경우 최대 1 bar(0.1 MPa) 에어 퍼지 압력을 사용하는 것이 좋습니다.

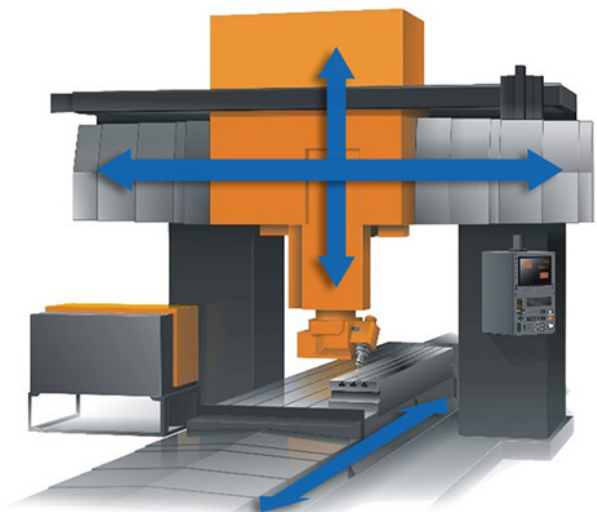


선반 및 원통형 연삭기

선반 및 원통형 연삭기의 경우 리니어 엔코더가 일반적으로 가공 영역 가까이 위치합니다. 대부분의 경우 0.5 ~ 1 bar(0.05 ~ 0.1 MPa) 에어 퍼지 압력이 적절합니다. 적절한 에어 퍼지 압력을 선택할 때는 엔코더 접근 용이성, 사용하는 냉각수의 양, 가공하는 재료의 마모성을 고려해야 합니다.

대형 공작 기계

갠트리 기계와 수직 터닝 선반(VTL)을 포함한 대형 기계의 경우 엔코더가 노출되는 오염 수준은 일반적으로 더 낮습니다. 리니어 엔코더가 가공 영역에서 먼 곳에 장착되기 때문입니다. 이러한 경우 0.25 ~ 0.5 bar(0.025 ~ 0.05 MPa) 에어 퍼지 압력을 사용할 수 있습니다.

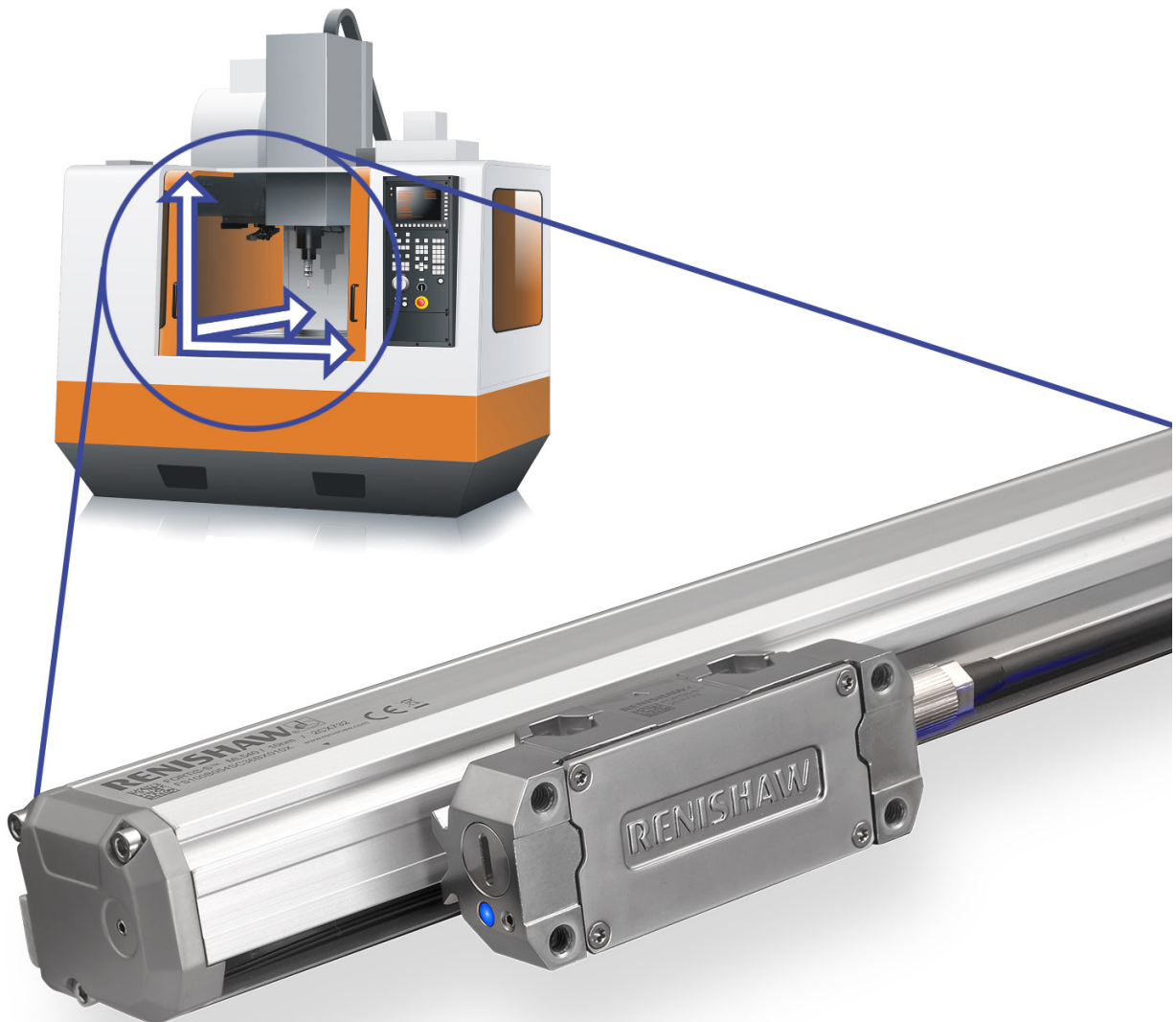


기타 에너지 절감 기회

많은 기계가 하루 24시간, 주 7일 내내 사용되지 않습니다. 기계를 사용하지 않는 동안에도 엔코더 압출부 내부에서 양압을 유지하기 위해 일반적으로 에어 퍼지는 계속 켜져 있습니다. 이를 통해 결로 발생을 방지하고 가열된 기계가 냉각되면서 발생하는 “흡입” 효과도 방지할 수 있습니다.

FORTiS 엔코더가 장착된 기계는 야간, 주말 또는 공장 가동이 중단되는 경우 에어 퍼지 압력을 0.25 bar(0.025 Mpa)로 줄여 이러한 영향을 모두 극복할 수 있습니다.

일부 기계의 경우 대부분의 리니어 엔코더 축이 오염으로부터 잘 보호됩니다. 그러나 특정 리니어 엔코더 축 하나만 오염 위험이 더 높을 수 있습니다. 이러한 경우 에어 필터 세트에 추가 조절기를 장착할 수 있습니다. 이렇게 하면 위험이 더 높은 엔코더에 1 bar(0.1 MPa)로 공기를 공급하고 위험이 더 낮은 엔코더에는 낮은 압력으로 에어 퍼지를 공급할 수 있습니다.



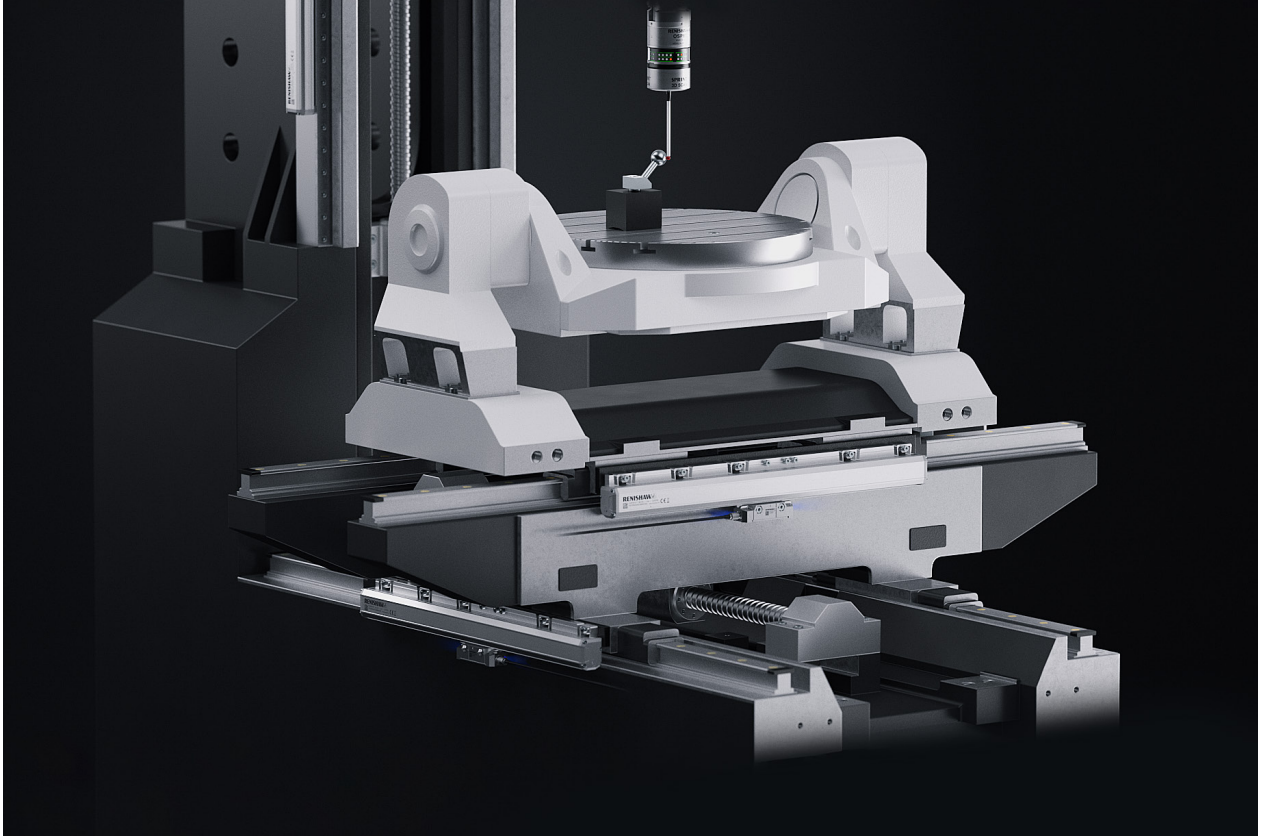
요약

FORTiS 밀폐형 리니어 엔코더는 뛰어난 밀폐 성능으로 기계의 엔코더에 에어 퍼지를 제공하기 위한 최적화된 접근 방식을 제공합니다.

“저유량” 접근 방식은 압축 공기 소비 감소라는 큰 이점을 제공하여 관련 에너지 비용을 절감하는 데 도움이 됩니다. 또한 에어 퍼지 시스템을 사용하는 데 있어 오랜 기간 신뢰성을 유지할 수 있습니다.

리니어 엔코더는 다양한 CNC 기계에 장착되며 각 기계 유형도 다양합니다.

구체적인 용도에 대해 궁금한 점이 있으시면 Renishaw 전문가와 상담해 보십시오.



www.renishaw.com/fortis-sustainability



#renishaw

+82 31 346 2830

korea@renishaw.com

© 2026 Renishaw plc. All rights reserved. RENISHAW®와 프로브 기호는 Renishaw plc의 등록 상표입니다. Renishaw 제품명과 명칭 및 'apply innovation' 마크는 Renishaw plc 또는 그 자회사의 상표입니다. 다른 브랜드, 제품 또는 회사 이름은 해당 소유주의 상표입니다. Renishaw plc. 영국과 웨일스에 등록됨. 기업 번호: 1106260.

등록된 사무소: New Mills, Wotton-under-Edge, Glos, GL12 8JR, UK.

본 문서의 공개 당시 문서의 정확성을 확인하기 위해 최선의 노력을 기울였지만, 발생하는 모든 보증, 조건, 진술 및 책임은 법률이 허용하는 한도에서 제외됩니다.

품목 번호: PD-6517-9111-01-A