

Preventative Maintenance Functions Using AI Technology
for Fully Electric Injection Molding Machines

AI기술을 활용한 전자동 사출성형기의 예방보전기능

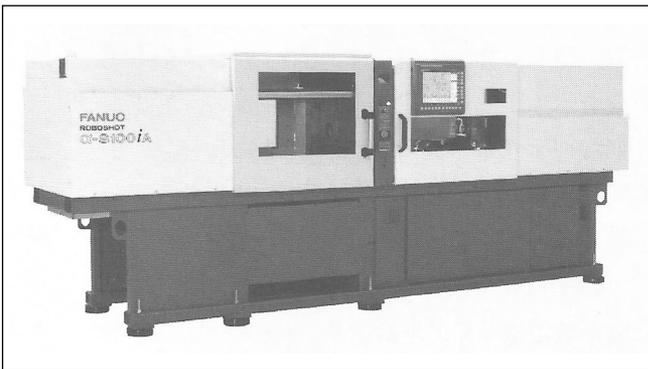
高次 聰 · 内山辰宏 · 荒木賢治 / 화낙(주)

I. 서론

전자동 사출성형기는 정밀 플라스틱 부품의 고품질에 의한 안정적인 생산성이 높은 평가를 받고 있지만, 한편으로는 점차 소형화 · 고정밀도화가 추진되면서 플라스틱 부품의 생산성 향상을 위해 사출성형기의 가동률 향상이나 예방보전에 대한 요망이 높아지고 있다. 예방보전 중에서도 수지를 용융해 사출하기 위한 스크류 침단부품의 마모관리는 성형품질을 유지함에 있어서 매우 중요하다. 이 글에서는 화낙(FANUC) (주)의 전자동식 사출성형기 로보쇼트([사진 1] 참조)와 성형공장의 생산 · 품질정보관리툴인 ROBOSHOT LINKi에 의한 프로세스 모니터링, 그리고 IoT기술과 AI(딥 러닝)와의 융합으로 실현된 스크류 침단부품의 예방보전기술에 대해 소개한다.

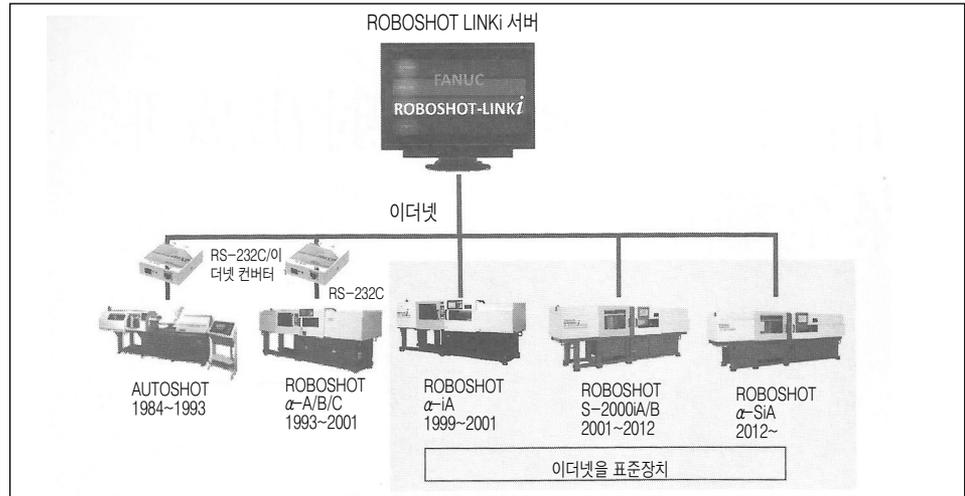
II. 성형공장의 생산 · 품질정보관리툴 ROBOSHOT LINKi

[사진 1] 전자동식 사출성형기 로보쇼트



ROBOSHOT LINKi는 노트북에서 작동되는 성형공장의 생산 · 품질정보관리툴이다. [그림 1]에 ROBOSHOT LINKi의 시스템 구성을 나타냈다. 동사에서는 20년 전부터 사출성형기의 네트워크화 가능성에 주목

[그림 1] ROBOSHOT LINKi의 시스템 구성



하고 구 버전인 MOLD 24i를 포함해 이 분야에서 다양한 실적을 쌓아왔다.

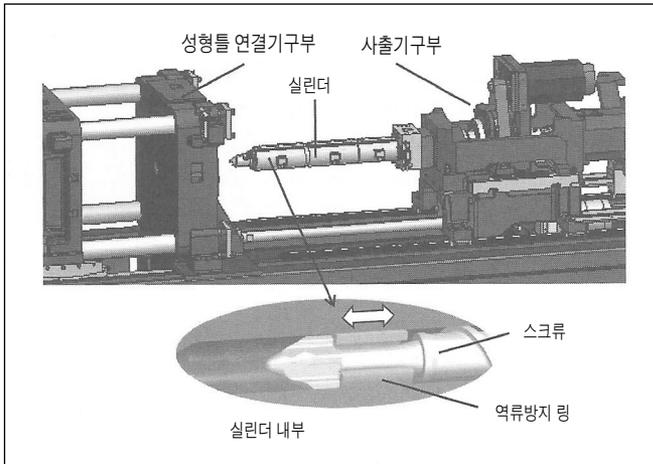
1980년대에 출하된 동사의 전자동식 사출성형기에서는 시리얼 통신 인터페이스로써 RS-232C를 적용했고, 취득 가능한 성형 데이터는 1사이클별로 측정하는 데이터로 한정되어 있었다. 구체적으로는 해당하는 사이클 내 수지의 계량시간, 사출 개시 시의 실린더 각 구역별 온도, 최소 쿠션량(사출/보압 중 최대압력) 등이다. 이들 성형 데이터는 지금도 성형품질을 관리할 때에 중요한 항목이지만, 보다 소형화, 고정밀도화가 추진되는 정밀 성형에서는 더욱 상세한 성형 데이터의 수집과 분석이 필요하다. 동사에서는 1999년에 출시한 로보쇼트 α-iA시리즈 이후의 모든 모델에 이더넷을 표준 장비로 하고, ROBOSHOT LINKi와의 고속통신을 실현했다. 기존에는 통신속도나 데이터 보존 용량의 제약으로 수집할 수 없었던 성형 사이클 중에 고속으로 변화하는 데이터 수집을 실현했다.

구체적으로는 사출 개시부터 보압 종료까지의 스크류 위치, 속도, 압력을 고분해능력으로 보존할 수 있게 됐다. 기존에는 한 사이클에서 몇 점으로만 기록할 수 있었던 위치나 속도, 압력 등의 성형 데이터를 사이클별로 수천 점의 파형 데이터로 수집해 보존할 수 있게 됐다.

III. 기존 예방보전기능

사출성형의 안정적 가동을 유지한 다음에 기구부의 정기적 보수와 함께 스크류 실린더의 구성부품 중 하나인 역류방지 링의 마모상태를 항상 감시하는 것이 중요하다. [그림 2]에 역류방지 링의 개략도를 나타냈다.

[그림 2] 역류방지 링의 개략도



다음 성형 사이클에서 필요한 수지를 스크류의 앞 방향으로 모으는 계량공정에서는 역류방지 링이 전진 끝으로 이동해 스크류의 후방에서 전방으로 수지가 흘러가도록 했다. 한편 스크류 전방에서 모은 수지를 금형 안으로 사출하는 사출공정에서는 역류방지 링이 후퇴

끝으로 이동해 수지가 전방에서 후방으로 흘러가는 현상(역류(backflow) 현상)을 방지한다.

이때 역류방지 링의 외주가 마모하면, 역류방지 링이 사출공정 내에서 후방으로 이동하고 있어도 수지가 역류방지 링의 외주를 통해 후방으로 흘러 역류가 발생해버린다. 역류가 발생하면, 사출 중 스크류의 전진 양을 성형 사이클별로 동일해지도록 제어해도 실제로 사출되는 수지의 양이 적어지거나 불규칙해져 성형품의 품질에 악영향을 미친다. 따라서 성형 안정성을 유지하기 위해서는 역류방지 링의 마모상태를 검출하고, 마모가 진행된 경우에는 교환을 할 필요가 있다.

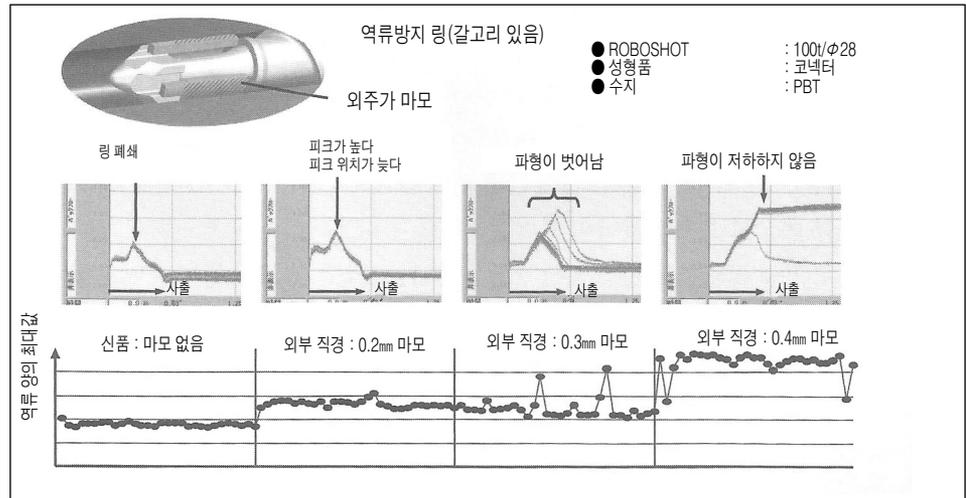
기존 역류방지 링의 마모상태를 검출하는 방법으로는 실린더에서 스크류를 꺼내 역류방지 링의 치수를 측정해 판단하는 방법, 스크류를 일정 속도로 전진시켜 그때에 검출된 압력으로 판단하는 방법 등이 있지만, 어떠한 방법도 성형 운전을 정지시켜야 한다는 과제가 있었다.

1. 역류 모니터 기능

동사에서는 서보 기술을 이용해 사출 중 취득할 수 있는 다양한 정보를 바탕으로 역류 양을 수치화해 로보쇼트의 화면에 그래프로 알기 쉽게 표시하는 역류 모니터 기능을 2005년에 개발했다. 역류 모니터 기능에 의해 사출공정에서의 역류 양을 정량화하고, 역류방지 링의 거동을 시각적으로 파악할 수 있게 됐다.

그리고 역류방지 링의 마모 진행을 모의로 재현해 역류 양과 역류방지 링의 마모상태의 관계를 실험적으로 구했다.

[그림 3] 역류 모니터에 의한 마모검출



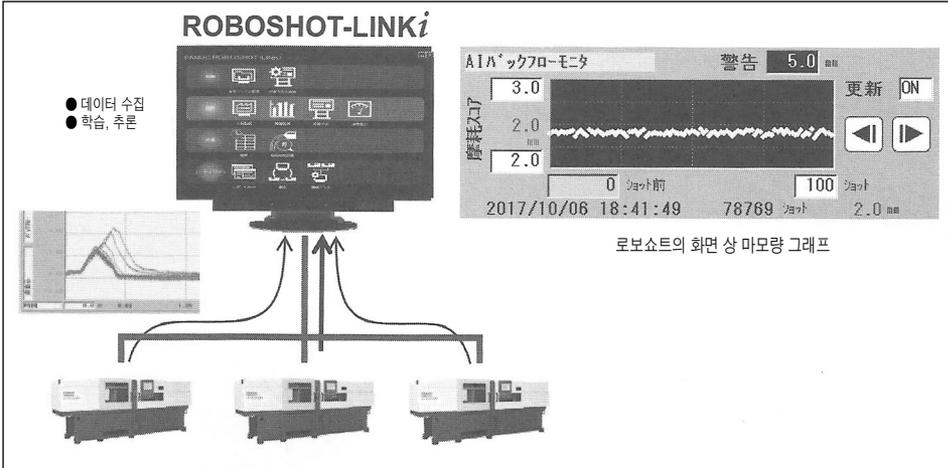
실험에서는 마모가 없는 역류방지 링 및 외주 마모량이 0.2mm, 0.3mm, 0.4mm인 역류방지 링을 준비해 사출 중 역류 파형의 형상([그림 3]의 상단)과 사출 중 역류 양의 최대값([그림 3]의 하단)을 측정했다. 그 결과, 외주 마모가 증가하면 그것에 따라 역류 양도 증대한다는 것을 알 수 있었다. 특히 외주의 마모량이 0.4mm인 역류방지 링에서는 역류 파형이 상승한 채 저하하지 않기 때문에 역류방지 효과가 기능하지 않는다는 것을 알게 됐다.

이상의 결과에서부터 역류 모니터에 의해 역류방지 링의 거동을 가시화할 뿐만 아니라 역류방지 링의 마모상태를 검출할 수 있다는 것을 알 수 있다. 더욱이 역류방지 링의 마모는 장시간에 걸쳐 서서히 진행하기 때문에 로보쇼트의 화면에 표시되는 역류 파형의 형상 변화에서부터 작업자가 마모상태를 추정하는 것은 쉽지 않았다. 앞에서 서술한 ROBOSHOT LINKi를 이용해 장시간에 걸쳐 역류 파형이나 역류 양의 최대값을 보존하는 기능을 실현했지만, 역류 파형의 상태는 마모상태뿐만 아니라 수지의 점도나 스크류 직경 등에 따라서도 변화하기 때문에 금형이나 수지를 변경하면서 장시간에 걸쳐 사용하는 성형 현장에서는 장기 보존한 역류 파형의 변화로 역류방지 링의 마모상태를 정확히 추정하는 것은 어려웠다.

IV. AI기능에 의한 예방보전

AI(인공지능)는 심층학습(deep learning)의 적용으로 획기적인 성과가 확인되면서 자동차의 자동운전이나 의료의 최적 치료방법의 개발 등의 분야에서 실제로 도움이 되는 연구 개발이 활발히 이뤄지고 있다. 사출성형에 대한 AI의 적용 예로는 기존에 경험이

[그림 4] AI 역류 모니터의 시스템 개략도



나 감에 의존하는 경우가 많았던 성형조건의 조정작업의 최적화, 사출성형기의 기구부나 소모부품의 고장이나 열화를 사전에 검출해 사출성형기의 다운타임(downtime)을 억제하는 예방보전에 대한 적용 등이 고려되고 있다. 사출성형기와 같이 생산성이 중요한 기계에서는 고장의 발생이 고객의 이익과 직결하기 때문에 예방보전에 의해 기계의 다운타임을 억제하는 것은 매우 중요한 과제이다. 동사에서는 예방보전 기능으로 앞에서 서술한 역류 모니터 기능을 바탕으로 AI기술을 이용해 역류방지 링의 마모량을 검출하는 기능(AI 역류 모니터)을 개발했다.

1. AI 역류 모니터

앞에서 서술한 역류 모니터 기능을 이용해 역류방지 링의 마모량을 파악해 예방보전에 이용한다는 요망이 많이 있었지만, 역류 파형은 수지의 점도나 스크류 직경 등에 따라 변화하기 때문에 역류 파형만으로 역류방지 링의 마모량을 측정하는 것은 어려웠다. 그래서 딥 러닝이 빅 데이터 안에서 인간은 찾을 수 없는 데이터의 특징을 발견하는 것이 가능해졌다는 것에 주목, 사출공정에서 검출되는 다양한 데이터나 정보를 딥 러닝에 적용해 역류 파형의 특징에서부터 역류방지 링의 마모 양을 측정하는 기능(AI 역류 모니터)을 개발했다.

AI 역류 모니터에서 데이터 수집은 앞에서 소개한 ROBOSHOT LINKi를 사용했다. 로보쇼트는 성형 중에 수집된 역류 파형을 비롯한 다양한 데이터를 ROBOSHOT LINKi로 보내고, ROBOSHOT LINKi 상에서 추론한 역류방지 링의 추정 마모량(마모 스코어)은 로보쇼트의 화면에 축차 표시된다. [그림 4]에 AI 역류 모니터 시스템 개략도 및 역류방지 링의 마모량 추이를 그래프화한 화면을 나타냈다. 이처럼 AI 역류 모니터에

Molding Packaging

서는 지금까지 과형의 ‘형태’로 해왔던 역류방지 링의 마모 판단을 구체적인 ‘수치’로 하는 것이 가능해졌다.

2. AI기능에서 IoT기술의 이용

딥 러닝에 이용하는 빅 데이터는 단순히 데이터량이 많으면 좋은 것은 아니다. 다양하고 풍부한, 이른바 ‘질이 좋은’ 데이터일 필요가 있다. 데이터가 많아도 한정된 경향의 데이터에 대해 딥 러닝을 한 경우, 데이터를 통째로 외워버려 딥 러닝 본래의 추정이 불가능한 상태가 된다. 특히 사출성형의 생산 데이터는 단순히 사출성형 본체의 가동 상태뿐만 아니라 주변기기 등 부대설비의 가동 상태, 재료의 상태, 기온 등의 생산 시 환경 등 다양한 요인이 복잡하게 관계하고 있다. 그 때문에 사출성형의 딥 러닝에 이용하는 데이터는 사출성형기 본체의 데이터뿐만 아니라 부대설비나 수집 시 상황의 데이터를 포함하는 ‘데이터군’으로 수집하는 것이 바람직하다.

로보쇼트는 압력이나 온도 등 외부 센서의 아날로그 신호를 취급하는 기능이나 금형 온도조기나 건조기라는 주변기기와의 통신기능도 보유하고 있다. 이로 인해 로보쇼트의 가동 데이터와 센서나 주변기기의 데이터를 모아서 수집하는 것이 가능하다.

더욱이 AI 역류 모니터에서는 복수의 로보쇼트와 노트북을 네트워크로 연결, ROBOSHOT LINKi로 일괄해 데이터를 수집하는 구성이기 때문에 앞에서 서술한 ‘데이터군’으로써의 빅 데이터를 효율적으로 수집할 수 있다.

이처럼 IoT기술과 딥 러닝을 비롯한 AI기술은 밀접한 관계를 가진다. IoT기술은 단순히 데이터를 수집하는 시대에서 수집한 데이터를 적극적으로 활용하는 시대로 이행하고 있고, 오늘날 AI 붐은 그 징표라고 할 수 있다.

V. 결론

유럽에서 인더스트리 4.0이 제창된 이래 일본 산업계에서도 IoT기술의 도입 검토가 다양한 분야에서 추진되고 있으며, 시장에서도 미래 발전에 큰 기대를 품고 있다. 또한 딥 러닝을 비롯한 AI기술에 관해서도 친근한 분야에서의 실용화가 추진되고 있다.

성형 현장에서도 지금까지 배양된 IoT기술을 통해 데이터를 활용하려는 움직임이 나오고 있다. 앞으로 IoT기술을 실제 성형현장에서 활용해 생산성 및 품질 향상 등의 목적을 달성하기 위해서는 인프라 상에서 사용하는 콘텐츠의 검색이나 애플리케이션 소프트웨어의 개발이 필요하다. 이 글에서 소개한 IoT기술로 수집한 성형 현장의 빅데이터를 딥 러닝을 활용한 AI기술과 융합해 활용하는 수법을 성형 현장에서 실제로 도움을 주는 기능으로 성숙시키는 것이야말로 기술 개발의 핵심이 될 것이다. 