

CIÊNCIA DE DADOS · UNIFOR · 29 DE MARÇO DE 2026

Experimental force monitoring and IIoT integration in the deep drawing process of gas cylinders

Por Julietty Barreto Maia de Moraes, Lirio Schaeffer, Roderval Marcelino e Guilherme de Souza Mello

Fonte: OpenAlex · Unifor · [Publicação original](#)

INOVAÇÃO	APLICABILIDADE	POTENCIAL ECONÔMICO	MATURIDADE
7/10	9/10	8/10	Média

Desenvolvimento e validação experimental de um sistema de monitoramento de força baseado em IIoT para o processo de estampagem profunda (deep drawing) de cilindros de gás. O sistema utiliza células de carga em uma prensa hidráulica de 500 toneladas com aquisição de dados de baixo custo e transmissão sem fio, viabilizando o monitoramento em tempo real e a rastreabilidade conforme conceitos da Indústria 4.0.

NÚCLEO DA ANÁLISE

Ideia de startup ou produto

Criação de uma Spin-off focada em kits de retrofitting IIoT para prensas e máquinas de conformação, combinando hardware de baixo custo (sensores e edge computing) com uma plataforma SaaS para monitoramento de saúde da máquina e garantia de qualidade em tempo real.

Aplicações práticas

Monitoramento em tempo real de prensas hidráulicas, controle de qualidade na conformação de metais, manutenção preditiva baseada em dados de força (vibração/carga), e rastreabilidade digital da produção de recipientes sob pressão.

Potencial de mercado

Alto potencial no setor de manufatura metal-mecânica, especialmente em indústrias de gás, automotiva e aeroespacial, onde a conformação de chapas metálicas é crítica. A demanda por soluções de retrofitting digital para máquinas legadas é uma tendência forte na Indústria 4.0.

FUNDAMENTO CIENTÍFICO

Problema abordado

Limitação na integração de sistemas experimentais de monitoramento de força com arquiteturas IIoT em ambientes industriais reais, resultando em falta de controle sobre a estabilidade do processo, qualidade do produto e segurança operacional na fabricação de cilindros de gás.

Metodologia

Implementação de células de carga em uma prensa industrial hidráulica de 500 toneladas, conectadas a uma unidade de aquisição de dados de baixo custo com comunicação sem fio. Realização de testes experimentais para capturar a evolução da força durante o ciclo de conformação, validando a estabilidade do sinal e a capacidade de transmissão de dados.

Principais descobertas

O sistema demonstrou alta estabilidade e repetibilidade de sinal, conseguindo capturar padrões característicos de força do processo. A abordagem comprovou a viabilidade técnica e econômica de implementar monitoramento experimental alinhado à Indústria 4.0, permitindo controle futuro e análises preditivas.

LEITURA PARA GESTÃO PÚBLICA

Incentivos fiscais ou linhas de crédito (como FINEP/FUNCAP) para modernização do parque industrial metalúrgico do Ceará, exigindo a implementação de sistemas de monitoramento inteligente para melhorar a segurança e eficiência energética do polo industrial.

PARCERIA UNIVERSIDADE × EMPRESA

Parceria entre a UNIFOR e fabricantes de cilindros de gás (ex: White Martins) ou indústrias de automação local para escalar a tecnologia, validar o algoritmo em diferentes ambientes produtivos e desenvolver recursos de análise preditiva avançada.

OPORTUNIDADES DERIVADAS

4 direções estratégicas identificadas

STARTUP · IMPACTO ALTO · INDÚSTRIA 4.0

IoT Press Guard

Startup de B2B que oferece soluções de sensoramento e conectividade para prensas industriais, focada em redução de refugo e prevenção de falhas catastróficas em máquinas pesadas.

PARCERIA · IMPACTO MÉDIO · INDÚSTRIA 4.0

UNIFOR - Polo Metalúrgico

Convênio de pesquisa tecnológica para implementar o sistema de monitoramento em fábricas do polo industrial de Fortaleza, coletando dados massivos para refinamento de algoritmos de controle de processo.

Programa Indústria 4.0 Ceará

Política pública que subsidia a adoção de tecnologias de monitoramento em tempo real em indústrias tradicionais, utilizando esta solução como caso de sucesso de baixo custo.

Módulo de Controle Inteligente para Pressas

Desenvolvimento de um produto corporativo modular para fabricantes de pressas hidráulicas, integrando o monitoramento de força e IIoT como um diferencial de venda para novos equipamentos.

ABSTRACT ORIGINAL

Abstract The deep drawing process is widely employed in the manufacturing of gas cylinders, where force monitoring plays a crucial role in ensuring process stability, product quality, and operational safety. However, the integration of experimental force monitoring systems with Industrial Internet of Things (IIoT) architectures in real industrial environments remains limited. This study presents the development and experimental validation of an IIoT-based force monitoring system applied to the deep drawing process of gas cylinders. The system employs load cells installed on an industrial press to acquire force signals in real time, combined with a low-cost data acquisition unit and wireless communication for data transmission and storage. Experimental tests were conducted on a 500-ton hydraulic press during the deep drawing of steel gas cylinders, allowing the analysis of force evolution throughout the forming cycle. The results demonstrate good signal stability and repeatability, as well as the capability of the proposed system to capture characteristic force patterns associated with the deep drawing process. The integration with an IIoT architecture enables real-time monitoring, data traceability, and remote access, supporting future implementations of process control and predictive analysis. The proposed approach demonstrates the feasibility of implementing experimental force monitoring aligned with Industry 4.0 concepts in industrial deep drawing operations.

MATÉRIA PARA LEIGOS

Para leigos: Tecnologia e Indústria 4.0 na produção de botijões de gás

O cenário atual

A fabricação de cilindros de gás utiliza frequentemente um processo chamado de estampagem profunda (deep drawing). Nesse método, monitorar a força aplicada é essencial para garantir que o produto final tenha qualidade, que o processo seja estável e que a operação seja segura. Apesar da importância, a integração de sistemas de monitoramento de força com a Internet Industrial das Coisas (IIoT) em ambientes fabris reais ainda é algo pouco explorado.

O que os pesquisadores fizeram

Os pesquisadores desenvolveram e validaram experimentalmente um sistema de monitoramento de força baseado em IIoT. O foco foi aplicar essa tecnologia especificamente no processo de estampagem profunda de cilindros de gás, demonstrando que é viável unir o monitoramento experimental aos conceitos modernos da Indústria 4.0.

Como funciona na prática

O sistema desenvolvido utiliza células de carga instaladas em uma prensa industrial para captar sinais de força em tempo real. Esses dados são coletados por uma unidade de aquisição de baixo custo e enviados via comunicação sem fio para transmissão e armazenamento. Para testar o equipamento, foram realizados experimentos em uma prensa hidráulica de 500 toneladas durante a fabricação de cilindros de aço.

Resultados e evidência

Os testes mostraram que o sistema apresenta boa estabilidade e repetibilidade no sinal captado. A tecnologia conseguiu registrar com sucesso os padrões característicos de força que ocorrem durante o ciclo de conformação do metal, validando o funcionamento da proposta.

Implicações práticas

A integração com a arquitetura IIoT permite monitorar o processo em tempo real e acessar os dados remotamente. Isso facilita a rastreabilidade das informações e abre caminho para que, no futuro, a indústria implemente controles de processo mais automáticos e análises preditivas, antecipando problemas antes que eles aconteçam.

Limitações e próximos passos

O estudo demonstrou a viabilidade técnica da implementação. O paper não detalha limitações específicas do experimento, mas indica que o trabalho serve de base para futuras implementações de controle de processo e análise preditiva na indústria de transformação de metais.

QUEM SÃO OS PESQUISADORES

Quem são os pesquisadores

O estudo foi realizado pelos autores Julietty Barreto Maia de Moraes, Lirio Schaeffer, Roderval Marcelino e Guilherme de Souza Mello, todos afiliados à UNIFOR (Universidade de Fortaleza). O paper não detalha a formação acadêmica específica, títulos ou trajetórias profissionais anteriores dos autores, limitando-se a informar que são responsáveis pelo desenvolvimento e validação experimental do sistema de monitoramento apresentado.

PALAVRAS-CHAVE

Process (computing) · Deep drawing · Data acquisition · Process control · Wireless · SIGNAL (programming language) · Actuator · Transmission (telecommunications) · Implementation