

13º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2022

APRIMORAMENTO DE MÁQUINAS INJETORAS PARA A INDÚSTRIA 4.0

C.E. CORRÊA¹, G.R.C. SILVA², F. RAMOS³

¹⁻² Discentes do curso de pós-graduação em Indústria 4.0, IFSP, Campus Sorocaba, correa.eduardo@aluno.ifsp.edu.br

³ Docente orientador do curso de pós-graduação em Indústria 4.0, IFSP, Campus Sorocaba, felipe.ramos@ifsp.edu.br

RESUMO: Empresas de processamento de termoplásticos e metais estão se beneficiando das novas tecnologias e iniciativas da indústria 4.0. Especialmente, dos aspectos relacionados à conectividade entre máquinas, otimização de processos auxiliado pela inteligência artificial e/ou gêmeos digitais, e dos parâmetros de processos que são compartilhados com sistemas MES, ERP e disponibilizados na nuvem. Esta pesquisa relaciona as tecnologias inovadoras incorporadas na área de moldagem por injeção, discute as vantagens da conectividade entre equipamentos e máquinas, descreve os requisitos e normas exigidas para garantir o sucesso da conectividade, melhorias de controle, manutenção preditiva e a otimização dos processos fabris com base nos dados processados e informações de máquinas online em tempo real. Para isto, realizou-se uma revisão sistemática da literatura por meio das plataformas Scopus, WebofScience, ScienceDirect e sites especializados, contendo palavras chave apropriadas ao tema proposto, onde foram selecionados os artigos completos recém publicados com alta relevância e/ou citações. Baseado nos estudos revisados da literatura, este artigo propõe mais tópicos de pesquisa e desenvolvimento para produtos moldados por injeção de alta qualidade, e comprova que os equipamentos mais antigos necessitam de modernização na área de digitalização, a fim de nivelar-se aos equipamentos da quarta geração industrial.

PALAVRAS-CHAVE: moldagem por injeção; modernização; indústria 4.0; digitalização; controle e monitoramento de processo inteligente; aprendizado de máquina.

IMPROVEMENT OF INJECTION MOULDING MACHINES FOR INDUSTRY 4.0

ABSTRACT: Thermoplastics and metals processing companies are benefiting from the new technologies and initiatives of Industry 4.0. Especially, aspects related to connectivity between machines, process optimization aided by artificial intelligence and/or digital twins and process parameters data that are shared with MES and ERP systems and cloud. This research lists the innovative technologies incorporated in the injection molding area, discusses the advantages of connectivity between equipment and machines, describes the requirements, rules and standards required to ensure the success of connectivity, control improvements, predictive maintenance and the optimization of manufacturing processes with based on processed data and real-time online machine information. For this, a systematic review of the literature was carried out through the platforms Scopus, WebofScience, ScienceDirect and specialized websites, containing keywords appropriate to the proposed theme, where the complete articles recently published with high relevance and/or citations were selected. Based on the reviewed literature studies, this article proposes more research and development topics for high quality injection molded products, it proves that older equipment manufactured needs of modernization in the digitization area in order to match the fourth generation industrial equipment.

KEYWORDS: injection molding; retrofit; industry 4.0; digitization; intelligent process control and monitoring; machine learning.

INTRODUÇÃO

A moldagem por injeção é um processo de fabricação eficiente para peças de produção em massa com geometria complicada, qualidade consistente e aparência atraente. Com a personalização e à crescente dependência das decisões dos consumidores na atração estética e de design dos produtos, a busca pela melhoria da qualidade da superfície tem sido uma das principais áreas de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de moldagem por injeção (GIM 2022).

Para alcançar alta efetividade do processo e qualidade desejável do produto fabricado, o ajuste correto e preciso dos parâmetros é extremamente importante. Como a moldagem por injeção é um processo sofisticado, muitas vezes é difícil cuidar de todas as mudanças que ocorrem durante sua aplicação. No entanto, implementação de métodos de inteligência artificial (IA) e gêmeos digitais em sistemas de controle e monitoramento de máquinas injetoras pode aprimorar essas habilidades (ZAMPANO 2022, PARK 2019 e OGORODNYKA 2018).

O processamento de termoplásticos no Brasil também tem acompanhado essa quarta revolução industrial, conforme pesquisa realizada pela Associação Alemã de Fabricantes de Máquinas e Equipamentos Industriais, 61% das máquinas injetoras instaladas no Brasil que prestam serviços para a indústria automobilística, tem alto nível de automação, eficiência, produtividade e qualidade.

A figura 1 apresenta-se uma máquina injetora de termoplásticos básica e suas principais partes constituintes.

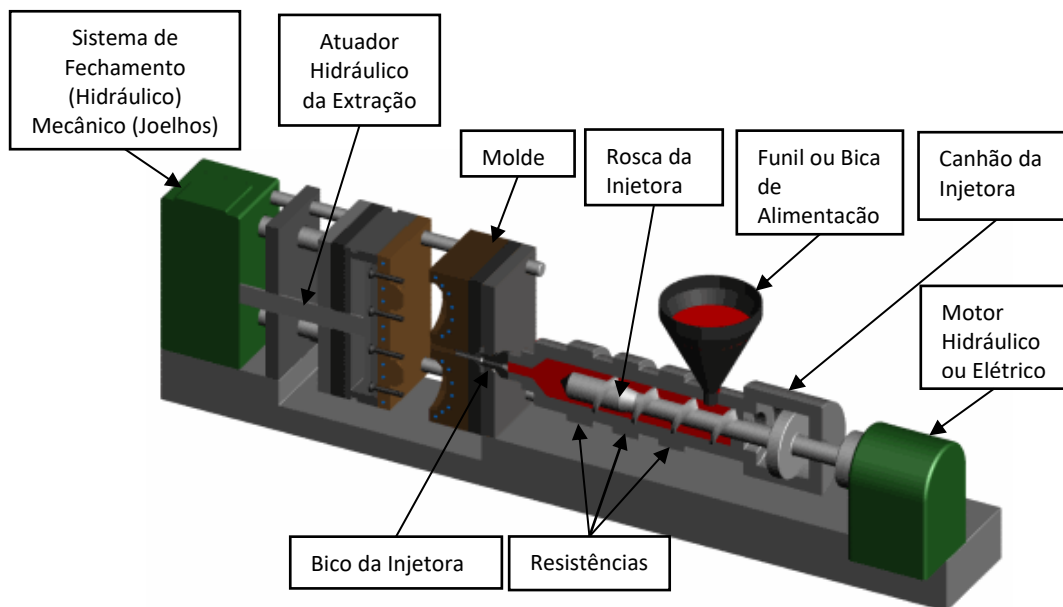


FIGURA 1. Injetora e partes constituintes. Fonte: Adaptado de CUSTOMPART.NET

Este trabalho concentra-se em apresentar as principais atualizações tecnológicas aplicadas aos equipamentos que compõem o processo de injeção no contexto da indústria 4.0, as normas criadas para integrar os equipamentos, os possíveis ajustes automáticos de processo, os dados de produção em sistemas MES (Manufacture Execution System) e ERP (Enterprise Resource Planning), e as plataformas online em nuvem para gerenciamento remoto de máquinas e análises dos dados em tempo real.

MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho refere-se a análise e revisão sistemática de artigos publicados em revistas internacionais, com ênfase na estratégia de busca pelas palavras-chave em inglês, “injection molding and/or retrofit and/or industry 4.0 and/or digitization and/or intelligent process control and/or monitoring and/or machine learning”.

Para a pesquisa foram utilizadas as plataformas, SCOPUS, WEBOFSCIENCE e SCIENCEDIRECT (Elsevier), exemplo da figura 2, como fonte de busca dos trabalhos científicos publicados nos últimos 5 anos em revistas internacionais especializadas em engenharia, computação, processos, metalurgia, plástico, projeto, automação e manufatura inteligente.

Ao todo foram selecionados e analisados 30 artigos internacionais completos e/ou de revisão, publicados em revistas classificadas com alto fator de impacto nas áreas especificadas, e com grande número de citações. Portanto, este artigo de revisão bibliográfica fornece uma visão geral da literatura mais recente envolvendo a moldagem por injeção de componentes poliméricos e/ou metálicos.



FIGURA 2. Mostra a metodologia de busca sistemática na plataforma ScienceDirect, incluindo refinamento para pesquisa, palavras-chave, período 2022 e 2023, áreas, tipo de artigo e idioma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 3, extraída do site do fabricante de injetoras Wittman, representa os principais componentes e acessórios constituintes do processo que permitem a integração com as tecnologias 4.0 e que tem relevância no controle de variáveis do processo e fornecimento de informações para sistemas MES e ERP.

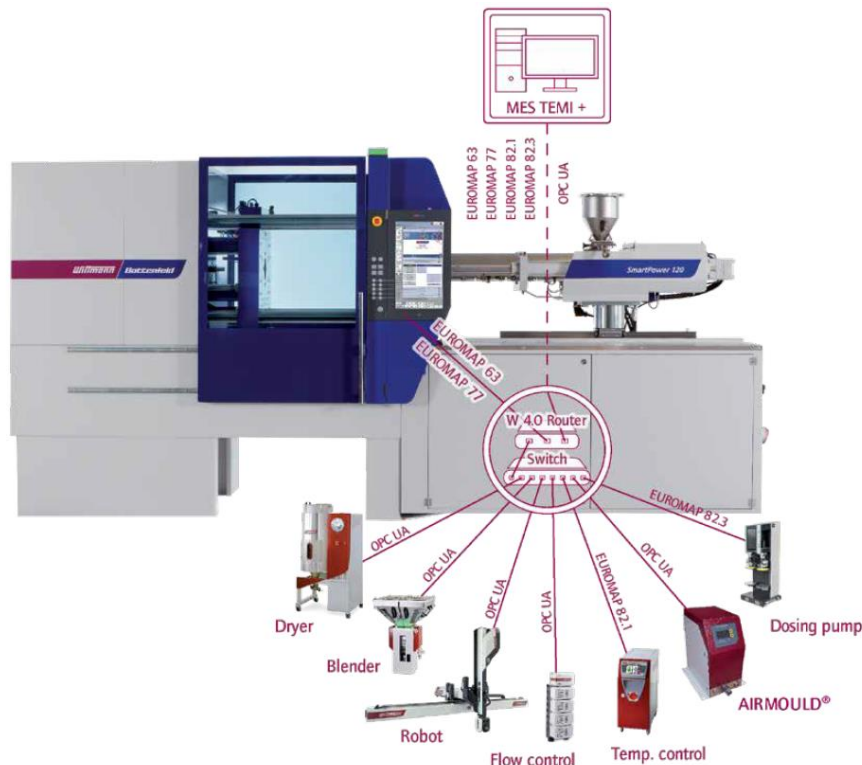


FIGURA 3. Integração entre Injetora e Periféricos. Fonte: WITTMAN GROUP

A tabela 1 mostra as normas da Euromap (Associação Europeia de Máquinas), para codificar um novo padrão industrial para comunicação entre máquinas inteligentes, computadores e operadores humanos remotos. O padrão criado atende pelo nome de OPC-UA (*Open Platform Communication- Unified Architecture*). A palavra-chave “Aberto” é a principal atração desse protocolo, e sua adaptabilidade multiplataforma Universal, atrai diversos fabricantes de equipamentos. Essas normas detalham a comunicação entre os equipamentos, à rede industrial e a internet, garantindo a integração necessária para a indústria 4.0. Os demais itens mostram a iniciativa da indústria em garantir essa conectividade, implementando nas máquinas sensores para monitoramento do processo, integração entre periféricos e sistemas supervisórios, serviços na nuvem com interligação das máquinas e equipamentos para melhor atendimento e agilidade.

TABELA 1. Normas EUROMAP OPC UA

NORMAS OPC UA - EUROMAP	DESCRIÇÃO	MÊS E ANO DE PUBLICAÇÃO
EUROMAP 77	Interfaces OPC UA para máquinas de plástico e borracha – Troca de dados entre máquinas de moldagem por injeção e MÊS	Versão 1.01 publicada em 1º de junho de 2020
EUROMAP 82.1	Dispositivos de controle de temperatura	Versão 1.01 publicada em 1º de junho de 2020
EUROMAP 82.2	Dispositivos de câmara quente	Versão 1.00 publicada em 1º de junho de 2021
EUROMAP 82.3	Sistemas de dosagem LSR	Versão 1.00.1 publicada em 21 de junho de 2021
EUROMAP 83	Interfaces OPC UA para máquinas de plástico e borracha - Definições gerais de tipo	Versão 1.03 publicada em 1º de junho de 2021
Série EUROMAP 84	Versão de 12 capítulos descrevendo linhas de extrusão e seus componentes	---
EUROMAP 79	Interface de manuseio de máquina de moldagem por injeção e dispositivo de manuseio / Robô	Candidata a versão 1.00 publicada em 08 de novembro de 2021

Fonte: EUROMAP.ORG

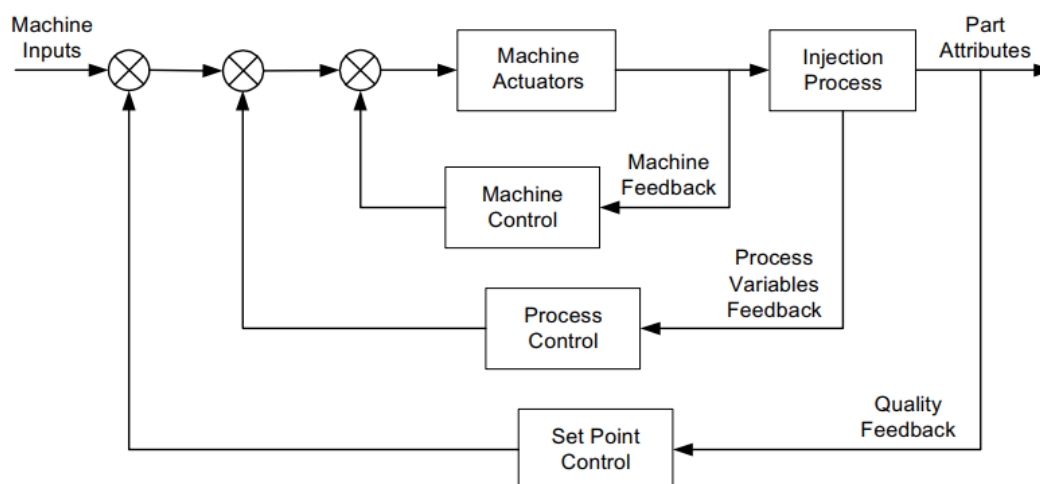


FIGURA 4. Fluxograma dos circuitos de controle para moldagem por injeção de termoplásticos. Fonte: OGORODNYKA 2018.

A moldagem por injeção usada para produção em massa na indústria automotiva por exemplo, precisa ser repetível e exige que os produtos fabricados sejam de alta qualidade (VIEIRA 2021). No entanto, o processo é muito sofisticado e inclui muitos parâmetros que podem ser divididos em três grupos diferentes (máquina, processo e qualidade), conforme apresenta a figura 4. A qualidade de uma peça final depende de cada um deles, portanto, o monitoramento e o controle do processo são de grande

importância. O monitoramento do processo pode ser realizado através da aplicação de sensores, detectores de moldes visíveis, transdutores capacitivos, sensoriamento fluorescente e espectroscopia no infravermelho próximo, porém, métodos não destrutivos também podem ser utilizados. Então a relação entre os parâmetros que podem e não podem ser medidos deve ser descrita através da aplicação de modelos e fórmulas relacionadas. Depois de coletar os dados necessários, o controle do processo deve ser usado para ajustar os parâmetros do processo ao ambiente em mudança, sem envolvimento humano adicional.

Problemas de qualidade são comuns no processo de moldagem por injeção devido à variação não uniforme da temperatura no molde. Durante o projeto dos moldes para o processo de moldagem por injeção, é muito difícil obter um resfriamento eficiente com distribuição térmica uniforme. Tenta-se conseguir isso através da aplicação da tecnologia variotherm (por exemplo), bem como de canais de resfriamento/aquecimento conformes. No entanto, a maioria dos sistemas de aquecimento e resfriamento rápido ainda são difíceis de aplicar na produção em massa de peças plásticas na indústria de moldagem por injeção devido a configurações de aquecimento extra complexas, fraca resistência mecânica do molde e falta de uma opção de controle padronizada (OGORODNYKA 2018).

CONCLUSÕES

Os objetivos da pesquisa foram atendidos, em relação a apresentação dos aprimoramentos tecnológicos incorporados à injetora de termoplásticos e seus equipamentos periféricos, que podem ser interligados e compartilhar dados de processo, exigidos para controles e tomada de decisões técnicas.

Os métodos de inteligência artificial trarão mais benefícios do que os usuais, pois podem ajustar e alterar o modelo e os parâmetros de saída dependendo das mudanças de condições e ambiente, além de deixar de lado parâmetros do processo que não estão influenciando o modelo em grande medida.

Recentes trabalhos mostram que, entre os métodos de IA que podem ser aplicados para o desenvolvimento de um sistema inteligente de monitoramento e controle; estão as redes neurais artificiais, sistema de inferência baseado em neural adaptativo, programação genética, etc.

A pesquisa mostrou os esforços da indústria na fabricação de máquinas conectáveis, seguindo orientações das normas EUROMAP e iniciativas dos diversos fabricantes em garantir essa conexão, disponibilizando plataformas específicas que integram seus produtos e fornecem serviços na rede, integrando máquinas, fornecedores de peças e os usuários nas indústrias.

AGRADECIMENTOS

Ao instituto IFSP-Sorocaba, pelo programa de pós-graduação e Especialização em Indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

- CUSTOMPARTNET. **Equipment.** Disponível em: <https://www.custompartnet.com/lessons/InjectionMolding>. Acesso em 16 out. 2022.
- EUROMAP. **Overview UPC UA especifications.** Disponível em: <https://www.euromap.org/i40/overview>. Acesso em 18 nov. 2021.
- GIM, J., TURNG, L. S. A review of current advancements in high surface quality injection molding: Measurement, influencing factors, prediction, and control. **Polymer Testing**. v. 115, 2022.
- INJEÇÃO 4.0. **Plástico Industrial.** Disponível em: <https://www.arandanet.com.br/revista/pi/edicao/2021/junho>. Acesso em 18 nov. 2021.
- OGORODNYK, O., MARTINSEN, K. Monitoring and Control for Thermoplastics Injection Molding A Review. **Procedia CIRP**. v. 67, p. 380-385, 2018.
- PARK, H.S., et al. AI Based Injection Molding Process for Consistent Product Quality. **Procedia Manufacturing**. v. 28, p. 102-106, 2019.
- VIEIRA, A. L. N., et al. Design of a thermoplastic micro over injection machine for the automotive component industry. **Procedia Manufacturing**. v. 55, p. 56-63, 2021.
- WITTMAN GROUP. **Wittman 4.0-The fully integrated production cell.** Disponível em: https://www.wittmann-group.com/sites/default/files/2022-09/wittmann_4.0_en_2022-08_web_7.pdf. Acesso em 18 nov. 2021.
- ZAMBRANO, V., et al. Industrial digitalization in the industry 4.0 era: Classification, reuse and authoring of digital models on Digital Twin platforms. **Array**. v. 14, 2022.