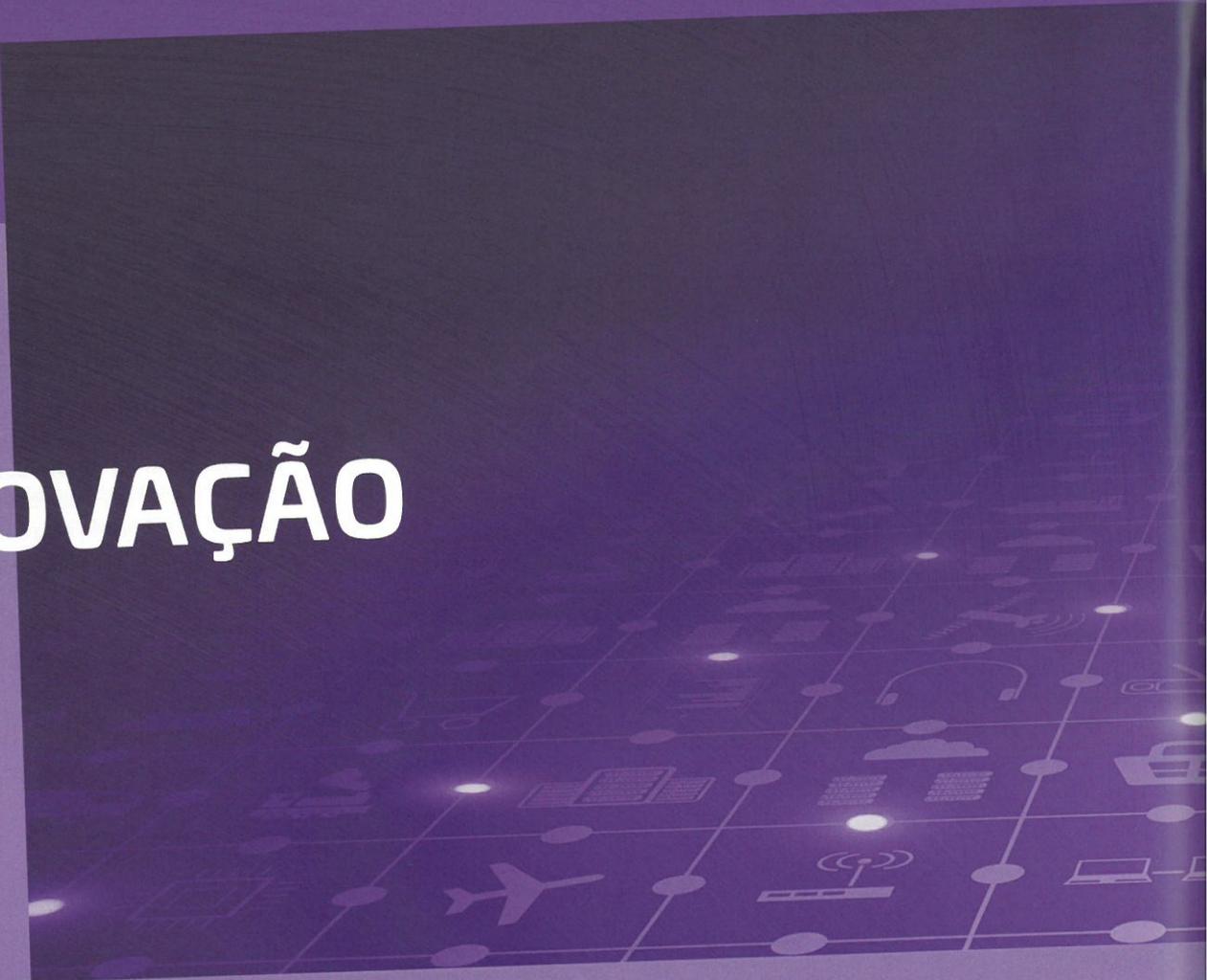


INOVAÇÃO



O QUE AS EMPRESAS CONCEBEM DE FORMA SINGULAR E INOVADORA

WHAT OUR COMPANIES CONCEIVE IN A SINGULAR AND INNOVATIVE WAY

OS RESULTADOS DO PROJETO MOBILIZADOR TOOLING 4G

SECTOR AUTOMÓVEL: PRODUÇÃO HÍBRIDA EM CARBONO RESULTA EM COMPONENTES MAIS LEVES E COM MELHOR ACABAMENTO

ENSAIOS DE ATRITO COM SUPERFÍCIE RENOVADA:
UMA ALTERNATIVA PARA AVALIAÇÃO DE REVESTIMENTOS PARA MOLDES

EMBALAGEM ATIVA E INTELIGENTE: INOVAÇÕES PARA O FUTURO

CO HIGHLIGHT - NOVAS SOLUÇÕES PARA MOLDES DE INJEÇÃO COM ULTRA ALTO BRILHO M

I4MOLDES - SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO INDOOR E MONITORIZAÇÃO DE MÁQUINAS

OS RESULTADOS DO PROJETO MOBILIZADOR TOOLING 4G

António Baptista *, Dulcinea Santos *

* CENTIMFE – Centro Tecnológico da Indústria de Moldes Ferramentas Especiais e Plásticos



O projeto mobilizador TOOLING 4G foi promovido por um consorcio de 20 empresas fabricantes de moldes e injetoras de plásticos, dez entidades não empresariais do SII, e uma associação, e teve como promotor líder a empresa fabricante de molde Anibal H Abrantes

Os copromotores desenvolveram um conjunto de atividades de investigação industrial e desenvolvimento experimental tendo como objetivo criar novos produtos, processos e sistemas. O projeto mobilizou competências técnicas e científicas complementares em diversas áreas para investigar e criar novas soluções tecnológicas a integrar nas ferramentas e moldes do futuro - TOOLING 4G, segundo os conceitos da indústria 4.0, digitalização da indústria, produção zero defeitos e sustentabilidade, tendo-se definido uma arquitetura suportada em 7 PPS, que se subdividem em 29 atividades e 134 tarefas.



// Figura 1. Arquitetura do projeto.

Os próximos parágrafos resumem alguns dos resultados deste projeto mobilizador que procurou responder a diferentes desafios na cadeia de produção do molde, seguindo uma abordagem transversal a diferentes perspetivas observadas na indústria. O projeto estudou a cadeia de produção do molde numa perspetiva de desenvolver cadeias de produção zero defeitos e sustentáveis, e nesse âmbito investigou a frequência de ocorrência e impactos de erros e não conformidades no sistema produtivo característico do *cluster Engineering & Tooling*

O consórcio especificou e criou uma ferramenta para recolha de dados (FRD), especificamente de registo de erros e não conformidades, a qual foi adaptada e implementada na indústria de modo incremental ao longo do projeto. Foi proposta uma metodologia de quantificação do grau de criticidade do erro e/ou não conformidade registado em duas partes, individual (cada uma com cinco níveis de criticidade crescente de 1 a 5) e composta. Estes fatores de criticidade foram introduzidos na FRD de modo

a que assim que se introduza um registo se consiga identificar de imediato o seu grau de criticidade. Em período final do projeto esta ferramenta foi adotada, adaptada e implementada em ambiente industrial, onde foram identificadas e ultrapassadas algumas limitações e constrangimentos. Após um período de recolha, foram desenvolvidas ações de mitigação resultantes dos erros que foram identificados, onde se destacam alterações de normas e instruções de trabalho internas, e sensibilizações aos colaboradores.

Criticidade na Qualidade (FR x Q)					Criticidade no Prazo (FR x P)					Criticidade no Custo (FR x C)								
FR-Frequência	5	5	10	15	20	25	5	5	10	15	20	25	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20	4	4	8	12	16	20	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15	3	3	6	9	12	15	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10	2	2	4	6	8	10	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5	1	1	2	3	4	5	1	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
	Q - Qualidade (decisão)					P - Prazo					C - Custo							

// Figura 2. Avaliação Individual (Qualidade, Prazo e Custo) da Criticidade

Criticidade Composta Ponderada (1/3FR x Q + 1/3FR x P + 1/3FR x C)																					
FR-Frequência	5	1,67	3,33	5	6,67	8,33	1,67	3,33	5	6,67	8,33	1,67	3,33	5	6,67	8,33	5	10	15	20	25
	4	1,33	2,67	4	5,33	6,67	1,33	2,67	4	5,33	6,67	1,33	2,67	4	5,33	6,67	4	8	12	16	20
	3	1	2	3	4	5	3	2	3	4	5	1	2	3	4	5	3	6	9	12	15
	2	0,67	1,33	2	2,67	3,33	0,67	1,33	2	2,67	3,33	0,67	1,33	2	2,67	3,33	2	4	6	8	10
	1	0,33	0,67	1	1,33	1,67	0,33	0,67	1	1,33	1,67	0,33	0,67	1	1,33	1,67	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5						
	Q - Qualidade (Decisão)					P - Prazo					C - Custo					*Q - Qualidade (Decisão) + P - Prazo + C - Custo*					

// Figura 3. Avaliação Composta da Criticidade considerando a Frequência, a Qualidade, o Prazo e o Custo

Legenda:

De 1 a 4 - Verde	A Reduzir – Avaliar ações simples para reduzir as causas ou mitigar os efeitos
De 5 a 12 - Amarelo	A Eliminar – Ações para reduzir as causas ou mitigar os efeitos
De 13 a 25 - Vermelho	Não Toleráveis – Ações urgentes para eliminar as causas e mitigar os efeitos

A investigação no âmbito da monitorização do processo produtivo envolveu o desenvolvimento de sistemas para a recolha de dados ao nível do chão de fábrica (como por exemplo a partir dos equipamentos produtivos) e a localização de produtos no chão de fábrica. O conhecimento detalhado dos dados em tempo real e com grande detalhe é crítico neste sector, permitindo não só que equipamentos com maiores níveis de inteligência possam tomar decisões baseadas no estado dos produtos que fabricam, mas para que as decisões sobre o desenrolar do fabrico possam ser tomadas em tempo útil.

No âmbito da robótica colaborativa, e tirando partido da sua capacidade de interação direta com os operadores, foi possível demonstrar o uso da tecnologia neste sector e as mais-valias que pode trazer, designadamente o aumento da capacidade de trabalho de um operador e menores riscos de problemas de saúde laboral.

A investigação no âmbito da realidade aumentada permitiu avaliar áreas de uso da tecnologia no *tooling*, dando-se como exemplo o apoio na imediata compreensão de determinadas tarefas e suporte na sua realização, mesmo para operadores com menor experiência, minimizando erros e atrasos no fabrico das ferramentas / moldes e na sua manutenção, garantindo maior previsibilidade na duração de tarefas críticas.

Atendendo aos desenvolvimentos atingidos foi possível aproximar o *cluster Engineering & Tooling* aos conceitos da Indústria 4.0 e digitalização da indústria, como pretendido em candidatura.

O projeto debruçou-se sobre o estudo de processos de fabrico híbrido envolvendo as tecnologias de fabrico aditivo, Directed Energy Deposition (DED) e Selective Laser Melting (SLM), na

perspetiva de utilizar estas novas tecnologias de forma sustentável na produção dos componentes para os moldes, e conferir a estes moldes outras valências diferenciadas como por exemplo ao nível do comportamento mecânico e da transferência de calor, sistemas de aquecimento/arrefecimento de moldes com geometria adaptada, mais eficazes e eficientes, que se traduzirão na otimização dos ciclos de injeção e das características de qualidade das peças finais.

Neste âmbito foi possível concretizar, entre outros resultados, uma célula de DED, moldes com alhetas inovadoras para auxílio à refrigeração a ar, canais conformados em peças esbeltas de pequena dimensão para produção de grandes séries de peças, canais conformáveis em posições para peças plásticas com propriedades óticas e incorporação de sensores nos componentes dos moldes durante o processo de fabrico aditivo utilizando a tecnologia SLM.



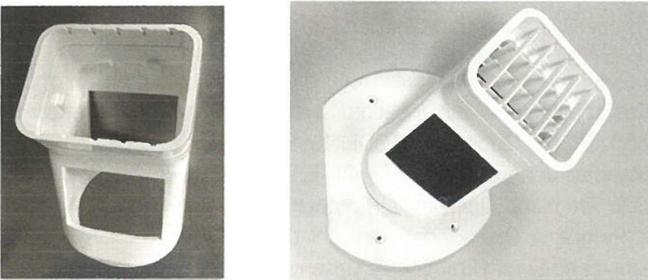
// Figura 4. Componentes com sensores embutidos no processo de fabrico aditivo.

O projeto investigou soluções tecnológicas inovadoras suportadas nas diferentes formas de sensorização e em sistemas de monitorização e controlo de temperatura para criar ferramentas (moldes) inteligentes e atuar de forma inteligente e em tempo real no processo de injeção de materiais plásticos. Neste sentido, o consórcio desenvolveu sensores de temperatura com espessura nanométrica a serem aplicados na superfície moldante. Estes sensores têm a configuração de termopares e foram produzidos através da técnica de pulverização catódica em substratos de aço com o formato de diferentes posições. São compostos por cobre e por liga constantan (cobre e níquel) e foram depositados através do auxílio de máscaras com a geometria do termopar. O sinal de temperatura adquirido pelo termopar é transportado através de fios condutores com diâmetro micrométrico.

O consórcio desenvolveu abordagens de ensaio para aferição de parâmetros de injeção para responder a requisitos ou especificações da operação ou das peças. Estas suportam-se no uso de simulação e análise de resultados, e no uso de ferramentas de Design of Experiments (DOE). A metodologia sugere ainda um conjunto de procedimentos operacionais e de análise aos resultados em diversas fases do ensaio para aferição dos parâmetros de injeção.

O consórcio investigou novas tipologias de ferramentas moldantes inovadoras capazes de sobremoldar materiais com características especiais com elevada eficiência. Numa das perspetivas, o consórcio tomou como base de investigação uma conduta de sistema AVAC de automóvel de alta gama onde seriam colocados

insetos absorvedores de ruído. Sabe-se que os ventiladores insonorizados para veículos automóveis são produtos de elevado valor acrescentado, e que uma perceção positiva da qualidade acústica pode fornecer uma vantagem competitiva ao fabricante [Jennings 2010*], pelo que estes produtos são submetidos a rigorosos controlos para verificação do cumprimento de requisitos. O trabalho envolveu o desenho de condutas experimentais, simulação numérica acústica, e a produção de protótipos por Sinterização Seletiva por Laser (SLS), com os quais foram realizados ensaios experimentais de medição aero-acústica em câmara semi-anecóica para a geometria original e para a geometria com insetos. Foi desenvolvida uma ferramenta de moldação capaz de sobremoldar os vários materiais de absorção acústica para testar a sua incorporação nas condutas de teste. Deste trabalho foi possível concluir que a utilização de alguns destes materiais permite reduzir o ruído nas condutas do ventilador, e que estes materiais são compatíveis com o processo de sobremoldação.

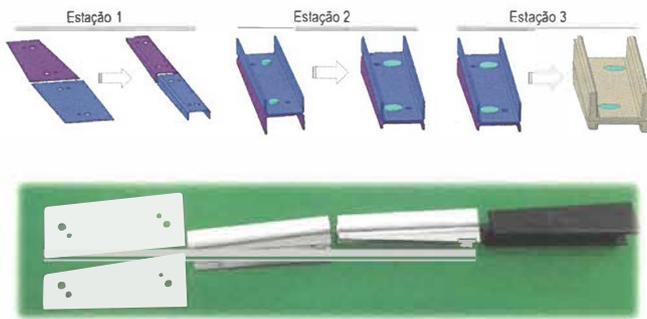


// Figura 5. Protótipos em SLS sem e com inserto absorvedor de ruído.

Numa outra perspetiva, o projeto investigou um novo paradigma de ferramentas moldantes capazes de realizar outras operações tecnológicas que não só a moldação por injeção. Estas permitem obter produtos mais complexos e em diferentes materiais num mesmo ciclo de produção ou combinando diferentes processos tecnológicos na mesma ferramenta (molde), assumindo por isso um carácter de multiprocesso e multifuncional. Entre os estudos realizados, contam-se (1) ferramentas multiprocesso para o fabrico de componentes em materiais compósitos de matriz termoplástica, e (2) ferramentas multiprocesso para o fabrico de peças multicomponente (envolvendo processamento de polímeros e de metais) num único molde montado numa máquina de injeção. Estes moldes integram e materializam soluções de multifuncionalidade numa perspetiva de produção *one-step* e produção zero defeitos. A estes moldes foram associadas soluções robóticas para manipulação e transporte, e estações de preparação e montagem de apoio, numa perspetiva de demonstrar soluções produtivas que permitem minimizar erros na produção, reduzir o esforço de logística e armazém, e o uso dos recursos.

Neste âmbito, um dos moldes demonstradores integradores integra o processamento de polímero, a enformação plástica e a cravação. Este molde caracteriza-se pela elevada complexidade ao contemplar a enformação plástica de duas chapas metálicas planas para uma forma em “U” na primeira estação, a transferência das chapas para uma segunda estação onde são cravadas uma na outra com rebites de modo a criar uma forma em “I”, sendo finalmente transferidas para a 3ª estação onde são sobremoldadas. Neste molde foi selecionada

e criada uma solução de manipulação e transporte robótica com elevada complexidade ao contemplar a inserção e remoção de peças, mas também a transferência de peças entre estações.



// Figura 6. Operações em cada estação do molde multiprocesso e peça final.

Na perspetiva de concluir sobre a sustentabilidade do ciclo de vida, o projeto concretizou a avaliação de vários casos, nomeadamente do caso de estudo demonstrador da AHA - molde multiprocesso que integra o processamento de polímero (sobreinjeção parcial de um inserto metálico plano), a enformação plástica do inserto metálico já sobremoldado por dobragem e o corte por arrombamento para a obtenção de um furo na aba do inserto metálico, do qual a seguir se apresentam conclusões, e que considerou as dimensões económicas (custo), ambiental e organizacional por comparação com as soluções convencionais.

As análises de sustentabilidade realizadas permitiram compreender o potencial das novas ferramentas em termos de consumos e tipos de custos e impactos ambientais. Os resultados-base referem-se à peça desenvolvida e produzida neste projeto, que resulta de um caso tipo de peça para a qual existe procura para este tipo de soluções de ferramentas. Ao terem sido desenvolvidos modelos baseados no processo, foi possível fazer análises de sensibilidade tanto ao nível do contexto industrial, nomeadamente o volume anual de produção, mas também da geometria da peça. Foi assim possível compreender o comportamento dos custos e impactos ambientais com estas variações. Embora com um investimento necessário superior às ferramentas convencionais, as ferramentas multiprocesso permitem aumentar a eficiência do processo produtivo e apresentar melhores desempenhos económicos e ambientais em termos de ciclo de vida.

Ao longo do projeto o consórcio promoveu a disseminação de resultados dos desenvolvimentos, nomeadamente com a publicação de artigos técnicos e científicos abordando temas pertinentes para a indústria. Adicionalmente, o consórcio dinamizou vários webinars temáticos que tiveram uma grande participação da indústria bem como da academia.

O consórcio do projeto mobilizador TOOLING 4G assume que os desenvolvimentos atingidos, que envolvem novas tecnologias, novas soluções de engenharia e abordagens inovadoras no contexto industrial, induzirão um enorme salto na evolução do estado da arte no *tooling*, bem como alavancarão novas ideias de projetos de investigação e/ou de inovação, o que constituirá uma mais-valia para os copromotores. Assume também o desenvolvimento e a oferta de produtos e serviços inovadores por parte da fileira nacional das tecnologias de produção, e também um enorme contributo para a transformação e modernização dos processos produtivos, que rapidamente se estenderão à envolvente, contribuindo para a diferenciação das empresas, o que terá impactos significativos na competitividade, na internacionalização, e na sustentabilidade das empresas do *cluster Engineering & Tooling*.

Este artigo foi elaborado com base nos resultados alcançados pelo Projeto Mobilizador TOOLING4G - Advanced Tools for Smart Manufacturing, Projeto POCI-01-0247-FEDER-024516, financiado pelo Programa Operacional Competitividade e Internacionalização e Programa Operacional Regional de Lisboa, PORTUGAL 2020, através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER).

* Jennings, P.A., Dunne, G., Williams, R., Giudice, S., (2010), Tools and techniques for understanding the fundamentals of automotive sound quality. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 224: 1263-1278.

Cofinanciado por:

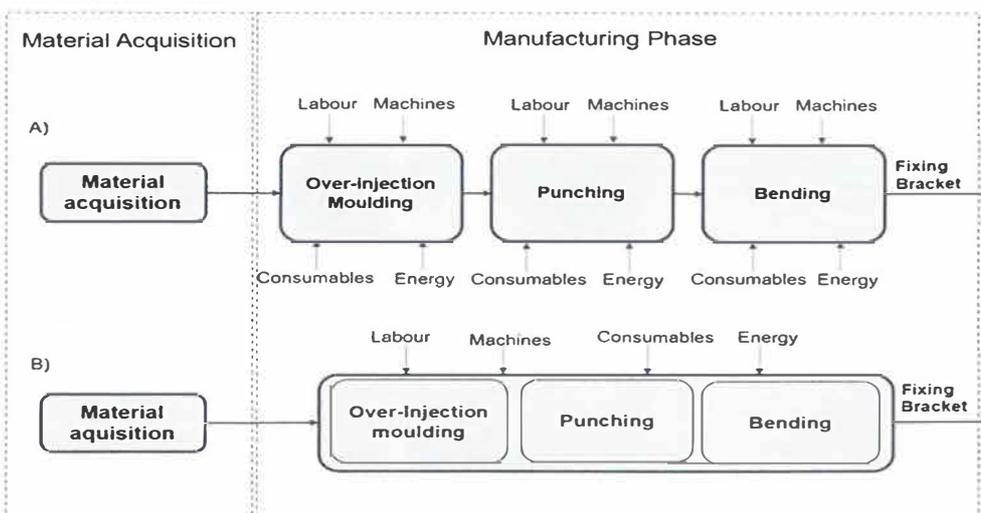
Lisb@20²⁰

COMPETE
2020

PORTUGAL
2020

UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu de
Desenvolvimento Regional

ANI
AGÊNCIA NACIONAL
DE INOVAÇÃO



// Figura 7. Processos de fabrico e mapeamento dos recursos no ciclo de vida

SECTOR AUTOMÓVEL: PRODUÇÃO HÍBRIDA EM CARBONO RESULTA EM COMPONENTES MAIS LEVES E COM MELHOR ACABAMENTO

Jorge Silva *, Luís Pina**, Susana Sousa**

* Engenheiro de desenvolvimento de produto e sistemas

** Investigadores do INEGI na área dos materiais e estruturas compósitas

E se os automóveis fossem menos poluentes, mais bonitos e também consumissem menos? Certamente seria um cenário bem agradável quer para consumidores, quer para fabricantes. E o futuro aponta nesse sentido.

Sustentabilidade, descarbonização, eficiência, *design*, segurança são preocupações constantes no sector automóvel, que tem vindo a enfrentar novos requisitos, cada vez mais exigentes. Para os fabricantes, é urgente agir em conformidade: produzir mais rápido, com qualidade excepcional, com menos custos e menor impacto ambiental. Para os consumidores, a estética continua a ser um fator determinante, assim como o consumo de combustível e, cada vez mais, também a preocupação com o impacto ambiental.

Uma das tecnologias já amplamente utilizada no sector para ir ao encontro destas necessidades é o processo de SMC - *Sheet Moulding*

Compound. A sua popularidade reside no facto de permitir a produção de componentes com compósitos reforçados, tradicionalmente com fibras de vidro descontinuas, garantindo rigidez e resistência específicas adequadas, além de assegurar uma cadência produtiva elevada a custos reduzidos

NOVA TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO HÍBRIDA VAI MELHORAR O DESEMPENHO GLOBAL DOS COMPONENTES

O crescimento da procura global por componentes fabricados com materiais compósitos de elevado desempenho está a espoletar um novo método, que consiste em combinar o processo convencional de SMC com a incorporação de pré-impregnados de fibras de carbono contínuas e orientadas

TopSolid
ShopFloor

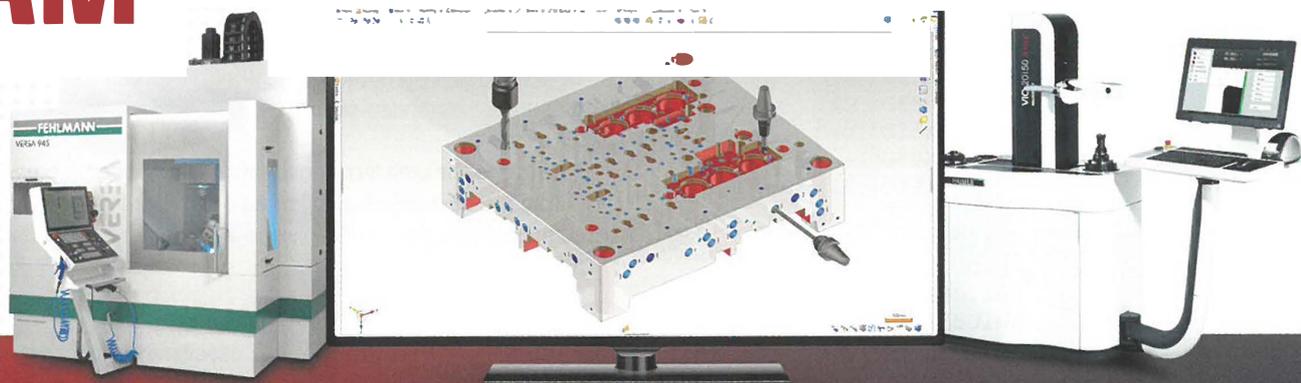
moldplas 3-6 NOV. 2021
BATALHA EXPOSIÇÃO
Visite-nos!

STAND
3A10

TOPSOLID SHOPFLOOR CAM

NO CHÃO DE FÁBRICA TEM A POSSIBILIDADE DE:

- ✔ Visualizar a programação das peças;
- ✔ Alterar diversos parâmetros. Ex.: Condições de corte, substituição de ferramentas, modificação de incremento, etc
- ✔ Simular as alterações efetuadas e verificar colisões.





Esta nova abordagem permite uma produção híbrida, que garante elevada produtividade, excelente reprodutibilidade de peças, eficiência e otimização, assim como componentes mais leves e resistentes, com geometrias complexas e funções integradas¹.

Porém, ainda não existe uma solução híbrida comercial, essencialmente devido à necessidade de reduzir o custo de produção¹, e o tempo despendido na fase de preparação de cada moldação.

Em todo o caso, é esperado que, num futuro próximo, estas desvantagens sejam melhoradas, particularmente devido aos avanços tecnológicos relacionados com a automação de processos¹. Além disso, serão privilegiados benefícios como:

- a redução do consumo de combustível ou aumento da autonomia, no caso da mobilidade elétrica, conseguidos graças à redução de peso dos componentes,
- a sustentabilidade da produção promovida pela utilização de fibras de carbono recicladas,
- ou a melhoria do acabamento e, consequentemente, da estética dos componentes, possibilitada pelo aumento da liberdade de *design* das peças.

INEGI JÁ VALIDOU O PROCESSO HÍBRIDO DE SMC COM PARCEIRO DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Durante o projeto AEROCAR, no qual o INEGI - Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial participou, foi demonstrada a viabilidade técnica do processo SMC híbrido, uma solução também muito desejada pelo sector aeronáutico

Desenvolveu-se um protótipo de um assento de automóvel, em parceria com uma empresa do sector, recorrendo à produção híbrida e combinando CF-SMC (*Carbon Fibre Sheet Moulding Compound*) com pré-impregnados de carbono, em duas etapas. Na primeira, as camadas de pré-impregnado são empilhadas e formadas num pré-formato, similar ao final. Na segunda, o empilhamento de fibras de carbono é combinado e moldado em conjunto com as de CF-SMC, para obter a estrutura híbrida desejada. Para validar esta metodologia, o componente final foi comparado com um semelhante, produzido de forma convencional pelo parceiro¹.

Verificou-se que a solução híbrida demonstra, em geral, melhoria das propriedades mecânicas do produto, designadamente um aumento significativo das propriedades de adesão e maior rigidez específica, bem como melhoria da estética das partes estruturais visíveis, além de registar uma redução de 25% no seu peso total. A principal desvantagem prendeu-se com o custo, como era esperado¹.

Na ausência de uma tecnologia híbrida SMC específica para o sector automóvel no mercado, a produção de componentes com materiais compósitos deve ser desenvolvida e adaptada aos requisitos de cada aplicação específica¹.

¹ - Silva, J.N., Pina, L. Sousa, S. P. B. (2021) Hybridization Process of Carbon Fibre Sheet Moulding Compound with Carbon Fibre Prepregs a Case Study. *Materiales Compuestos*, 5(3), 17-22.

ENSAIOS DE ATRITO COM SUPERFÍCIE RENOVADA: UMA ALTERNATIVA PARA AVALIAÇÃO DE REVESTIMENTOS PARA MOLDES

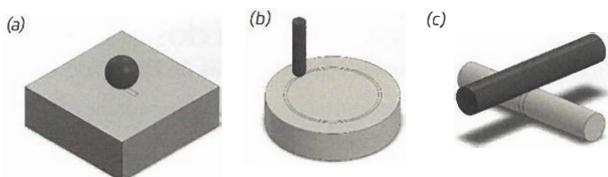
50

Carlos Wagner Moura e Silva *, Diogo Cavaleiro *, Albano Cavaleiro *

* FCTUC - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Nos últimos anos têm sido utilizados revestimentos tribológicos, tais como nitretos, carbonetos ou à base de carbono (por exemplo, DLC - carbono tipo diamante), como soluções tecnológicas para otimizar a vida útil de matrizes de conformação, com o objetivo final de promover a redução de lubrificantes nos processos metalomecânicos. Contudo, durante o desenvolvimento à escala laboratorial, estes revestimentos são avaliados segundo ensaios normalizados (alternativo-linear, pino sobre disco, entre outros) que estudam o desgaste gerado pela interação do revestimento com uma região específica de um contra-corpo, originando uma pista de desgaste circular ou linear, como mostrado na figura 1.

Os resultados obtidos com estas técnicas permitem uma avaliação das propriedades e do comportamento tribológico dos revestimentos (coeficiente de atrito e taxa de desgaste, entre outros). Porém, nestas técnicas não há renovação da superfície de contacto (a pista de desgaste é sempre a mesma), não representando, por isso, diretamente a dinâmica de desgaste (ou de contacto) que ocorre num processo de conformação mecânica em que há uma renovação constante do material (ou da superfície de contacto) que será trabalhada.



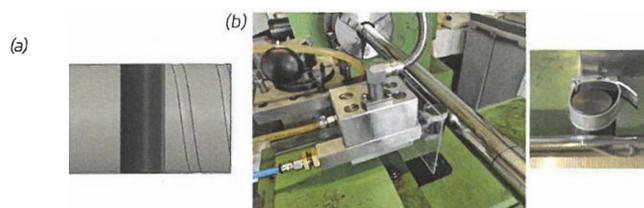
// Figura 1. Representação esquemática de alguns tipos de técnicas de ensaio de desgaste: alternativo-linear - ASTM G133 (a), pino sobre disco - ASTM G99 (b) e cilindros cruzados - ASTM G83(c).

Neste sentido, a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC) e o Instituto Pedro Nunes (IPN) têm vindo a estudar uma nova abordagem para realizar a caracterização tribológica dos revestimentos utilizando a técnica de cilindros cruzados modificada, em que dois cilindros desfasados em 90º graus (um recoberto com o revestimento de interesse e o outro utilizado como contra-corpo) deslizam um contra o outro como mostrado nas figuras 1c e 2a.

Nesta configuração de ensaio, é aplicada uma força normal (F_x) no cilindro revestido que, com o movimento rotatório do contra-corpo (varão de aço), gera neste uma força tangencial (F_z) perpendicular à carga normal. Com os valores das forças normal e tangencial é possível calcular e analisar o coeficiente de atrito durante toda a distância percorrida.

A movimentação transversal do cilindro revestido em relação ao contra-corpo garante que a superfície de contacto em cada rotação do contra-corpo seja sempre renovada em relação ao ciclo anterior, isto é, aconteça numa superfície não desgastada.

Neste contexto, o cilindro revestido representaria o molde nos processos de conformação, enquanto que o outro cilindro simularia a passagem do material da "chapa nova" no mesmo processo (figura 2a). Para permitir a medição das forças envolvidas no teste, foi montado um dinamómetro triaxial num torno mecânico convencional e a força normal aplicada foi gerada com a utilização de ar comprimido (ver figura 2b).

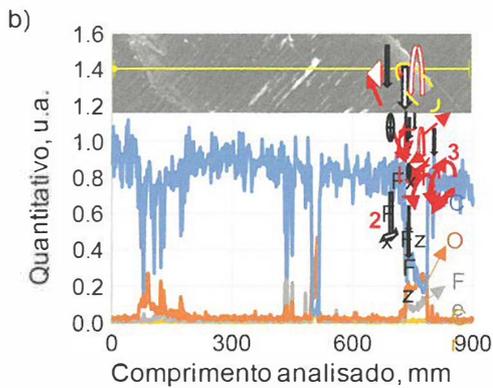
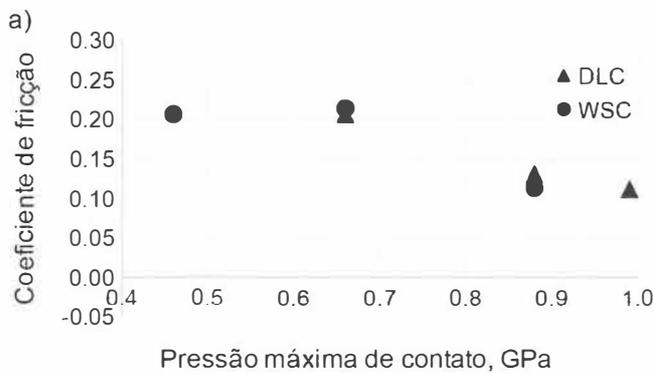


// Figura 2. Representação esquemática (a) do ensaio de cilindros cruzados modificado. Em destaque, a montagem dos dispositivos (b): torno mecânico (1), dinamómetro (2), cilindro revestido (3) e contra-corpo (4).

Em ensaios preliminares realizados no IPN, foram revestidos cilindros de aço-ferramenta com 20 mm de diâmetro com uma intercâmara de adesão de crómio (Cr), seguida de revestimentos dos sistemas W-S-C e DLC. Para contra-corpo, foi utilizado um varão de aço com 50 mm de diâmetro (ver figura 2b). De modo a evitar a deformação plástica no contacto de ambos os cilindros, a pressão máxima de contacto (p_{mc}) entre as superfícies foi limitada a 1 GPa. Foram utilizados diferentes valores de carga normal (F_x) para possibilitar o estudo da sua influência no comportamento de atrito dos sistemas. Os ensaios foram realizados à temperatura ambiente e sem utilização de lubrificantes.

Os resultados preliminares mostraram que, com o aumento da carga aplicada, se observa uma redução nos valores do coeficiente de atrito como mostrado na figura 3a.

Esta tendência pode ser explicada pelo comportamento típico deste tipo de revestimentos que desenvolvem um processo de auto-adaptação. Quando submetidos a temperatura elevada ou a valores da tensão de contacto elevados, estes revestimentos sofrem uma modificação da sua (micro)estrutura formando tribocamadas auto-lubrificantes na região de contacto revestimento/contra-corpo.



// Figura 3. Comportamento tribológico dos revestimentos com o aumento da pressão de contacto (a). Composição química na região desgastada de um cilindro com DLC para uma pmc ~1 GPa (b).

Comparando os revestimentos, foi observado um desgaste menos severo no DLC sendo atribuída esta diferença aos valores de dureza mais elevados dos revestimentos DLC (~22 GPa) quando comparados com os do W-S-C (~8 GPa). Foi observada também a presença de óxido de ferro na superfície do revestimento sugerindo alguma adesão do material do contra-corpo no contacto com o revestimento, ver destaque na figura 3b.

ON-SURF | Mobilizar Competências Tecnológicas em Engenharia de Superfícies

Projeto Mobilizador N° 24521

Lisb@20²⁰

COMPETE
2020

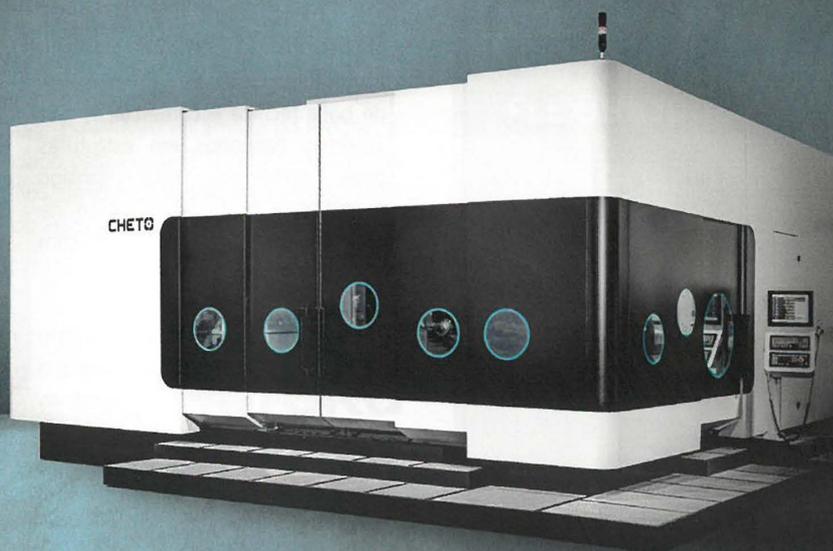
PORTUGAL
2020

UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu de
Desenvolvimento Regional

CHETO®

CNC DEEP HOLE DRILLING WITH MILLING

innovative machine tools



www.cheto.eu

EMBALAGEM ATIVA E INTELIGENTE: INOVAÇÕES PARA O FUTURO

52

Jorge Laranjeira *, Rui Soares **, Joana Silva **, José Silva ***, Joana Pimenta ***

* MOLDIT; ** CENTIMFE; *** CENTI

INTRODUÇÃO

O mercado da embalagem é o segundo mercado mais importante para o *Engineering&Tooling* português, apesar de representar apenas 8% do volume de negócios. Com efeito, este é um dos mercados em que se tem apostado para tentar minimizar a importância do sector automóvel.

O crescimento do sector da embalagem está intimamente ligado ao crescimento de outros sectores tais como o agrícola e alimentar, acompanhando naturalmente a sua evolução em termos tecnológicos e de negócio.

O impacto do plástico no meio ambiente em geral e nos oceanos em particular tem lançado um grande desafio a todos os intervenientes nesta cadeia de valor.

Analisando globalmente o ciclo de vida integral, a embalagem plástica é aquela que garante a melhor conservação de uma miríade de produtos alimentares com uma pegada ecológica relativamente reduzida, desde que o seu fim de vida seja corretamente direcionado.

É assim imperativo racionalizar a utilização de embalagem plástica nos produtos alimentares. Uma das formas é garantir a diminuição do desperdício alimentar recorrendo à tecnologia para manter a qualidade inicial do produto durante o período de conservação e consumo.

O consórcio internacional que se juntou para desenvolver e implementar este projeto internacional denominado SAP4MA tem como objetivos contribuir com tecnologia na embalagem para a redução do desperdício alimentar mantendo a qualidade inicial do produto e, desta forma, também contribuir para a redução do consumo de embalagem plástica.

O PROJETO SAP4MA

SAP4MA - Smart and Active Packing for Margarines é um projeto internacional, desenvolvido com o apoio da iniciativa EURIPEDES2 (*EUREKA Initiative for Packaging & Integration of μ Devices & Smart Electronic Systems*). O consórcio é composto pela empresa turca Besler (líder do projeto), por três empresas turcas (SEMplastic, Bioactive e Nanomik), envolvendo na participação nacional a empresa de moldes MOLDIT, o CeNTI - Centro de Nanotecnologia e Materiais Técnicos, Funcionais e Inteligentes e o CENTIMFE - Centro Tecnológico da Indústria de Moldes, Ferramentas Especiais e Plásticos. O projeto teve início em Setembro de 2019 e terminará em Agosto de 2022.



A nível nacional, o consórcio é liderado pela MOLDIT, empresa com elevada experiência no desenvolvimento de peças injetadas, que integrará todas as tarefas do projeto, de forma a garantir que os desenvolvimentos de alto conteúdo tecnológico são passíveis de industrialização e introdução no mercado.

DESENVOLVIMENTO

Para atingir os objetivos propostos, o consórcio dividiu o desenvolvimento em duas fases, em que numa primeira serão desenvolvidos os sistemas e estruturas responsáveis pela libertação de agentes ativos que combatam a degradação do alimento, com o desenvolvimento da estrutura que conterà os agentes ativos e do sistema responsável pela ativação da libertação a ocorrer em simultâneo, mas em separado.

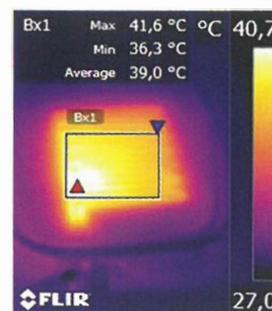
Apesar do desenvolvimento ser feito em separado, cada sistema terá em conta as necessidades do outro, definidas numa fase preliminar de especificações que contou com a intervenção de todo o consórcio. Esta fase é de especial importância, dada a curta duração do projeto e o nível de desafio tecnológico, os quais obrigam a um uso eficiente do tempo de desenvolvimento, de modo a ser possível atingir todos os objetivos propostos no tempo disponível.

Numa fase mais avançada, será realizada a união dos dois sistemas na mesma estrutura de armazenamento alimentar, de modo a poder ser feita a validação correta da eficiência da nova solução.

DESAFIOS TÉCNICOS

A criação da nova embalagem envolverá a resposta a vários desafios de base técnica e comercial. A nível técnico, a inclusão de novos sistemas baseados em estruturas finas impressas traz consigo questões a nível de processo de produção e de compatibilidade com a área alimentar.

Os novos sistemas eletrónicos que serão integrados na embalagem terão de ser capazes de resistir às condições habituais do processo de injeção, obrigando à criação de estruturas com elevada resistência mecânica e química, sem, no entanto, introduzirem alterações significativas nas características físicas da embalagem alimentar.



Ao mesmo tempo, dado que as novas estruturas estarão em proximidade com alimentos, é necessário respeitar as normas internacionais em vigor, tendo atenção à natureza química dos compostos e materiais selecionados para a sua conceção.

PRINCIPAIS DESENVOLVIMENTOS E RESULTADOS

Durante o período que decorreu desde o início do projeto foram analisados os requisitos e especificações para o desenvolvimento da embalagem inteligente, tendo sido realizada a definição das especificações técnicas a nível processual dos revestimentos e sistemas impressos e o desenvolvimento e teste dos sistemas ativos.

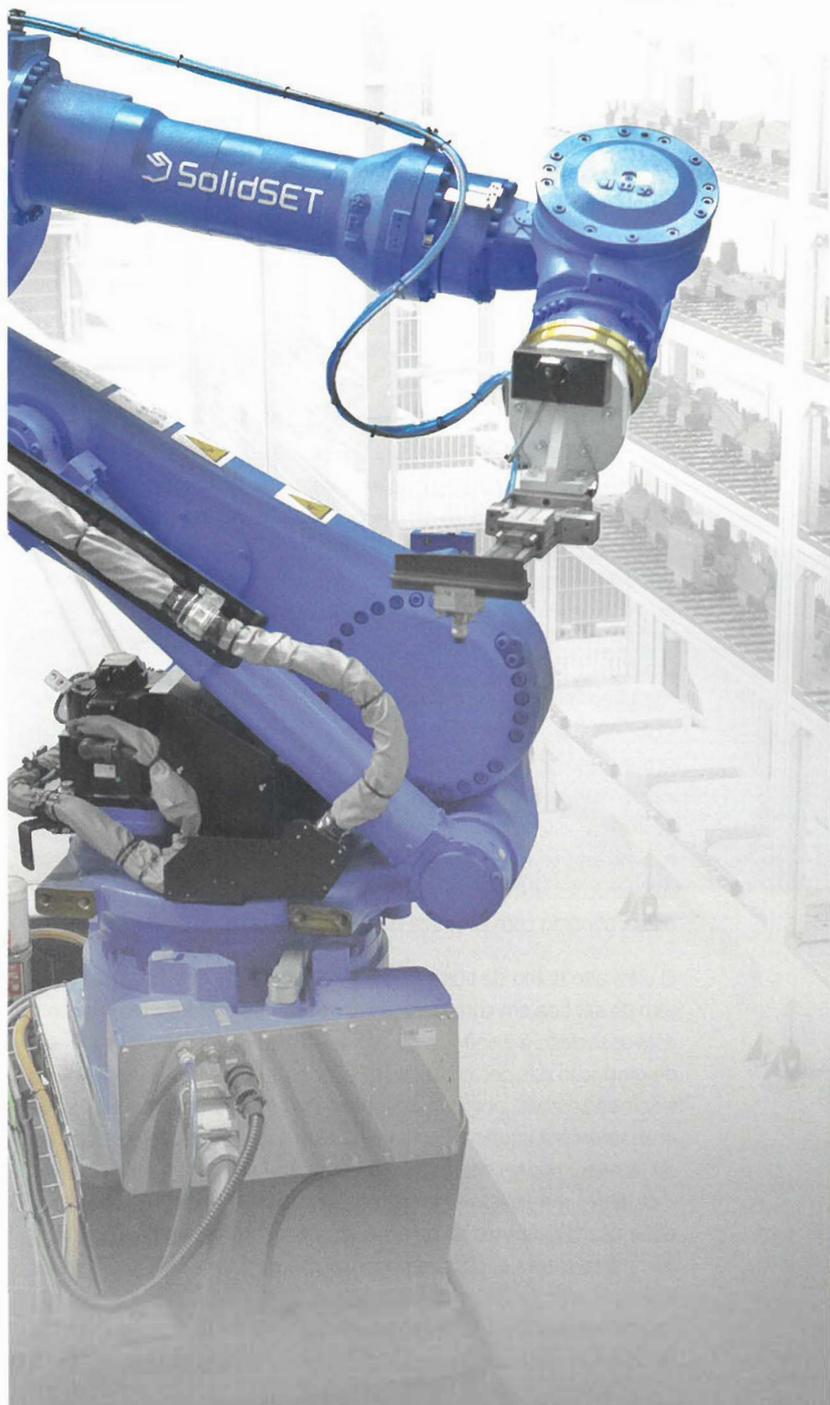
Foram também identificadas, desenvolvidas e testadas soluções de fabrico que envolveram um molde laboratorial e os sistemas ativos foram testados ao nível da sua integração no processo de fabrico através de ensaios de moldação por injeção.



As atividades de investigação no âmbito das embalagens inteligentes neste projeto irão certamente conduzir a desenvolvimentos nas áreas de eletrónica impressa inteligente, dos revestimentos e nano materiais avançados. Por outro lado, a elevada versatilidade dos dispositivos e revestimentos em desenvolvimento permitirá que os resultados possam ser adaptados a outras áreas ou a outros sectores.

Os resultados da investigação deste projeto serão de particular interesse para as áreas de negócio das empresas de moldes e plásticos, uma vez que permitirão trazer valor acrescentado aos produtos que desenvolvem e produzem, nomeadamente peças injetadas com sensorização e revestimentos funcionais integrados. Isto possibilitará uma diferenciação na sua oferta e um posicionamento em patamares mais elevados por meio de produtos com maior valor acrescentado.

Esta investigação foi realizada no Projeto “Smart and Active Packing for Margarine Product” (SAP4MA) no âmbito do Programa EURIPIDES, sendo cofinanciado pelo COMPETE 2020 - Programa Operacional para a Competitividade e Internacionalização e no âmbito do Portugal 2020 através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER).



FLEXIBILIDADE, QUALIDADE E VELOCIDADE
 REDUZA OS CUSTOS DE PRODUÇÃO COM UMA
 EXECUÇÃO AUTÓNOMA, RÁPIDA E FLEXÍVEL,
 COM AS NOSSAS SOLUÇÕES DE
FABRICO INTELIGENTE



HIGHLIGHT - NOVAS SOLUÇÕES PARA MOLDES DE INJEÇÃO COM ULTRA ALTO BRILHO

54

Nânci Alves¹, Diana Duarte¹, Pedro Costa², Ângela Martins², Teresa Vieira³, Miguel Panão³, Francisco Cruz³, Dulcília Santos⁴, António Baptista⁴

¹ ITJ - Internacional Moldes; ² RAMADA AÇOS; ³ Universidade de Coimbra; ⁴ CENTIMFE

HIGHLIGHT

O HIGHLIGHT é um projeto em copromoção liderado pela empresa ITJ, com participação da empresa RAMADA AÇOS e das entidades não empresariais do Sistema de Investigação e Inovação CENTIMFE e Universidade de Coimbra. Iniciou as suas atividades em 1 de janeiro de 2021 e tem duração prevista de 30 meses.

O projeto surge numa perspetiva de resposta a um cenário de elevada competição global, onde os produtos são de elevada complexidade e ciclos de vida cada vez mais curtos, e se observa uma contínua pressão sobre o preço de venda do molde. O foco da investigação industrial incide numa nova aplicação dos processos aditivos para a criação de novos sistemas de arrefecimento baseados na teoria construtal e, simultaneamente, a criação de novos aços-ferramenta com novas composições químicas e estruturais compatíveis com a possibilidade de ser atingido com destreza um polimento ultra alto brilho.

O ultra alto brilho da superfície é uma imposição que cada vez mais tem de ser tida em consideração no fabrico de moldes para injeção e está associado à exigência de um aumento significativo da cadência de produção das peças plásticas. Tal obriga as empresas de moldes a exigir, se possível, novos aços-ferramenta, que permitam soluções de acabamento superficial de elevada qualidade e a criação de sistemas de arrefecimento internos especiais, em particular para insertos moldantes que, para além de induzirem uma melhoria da qualidade dimensional/geométrica da peça, também contribuam para melhorar as características óticas das superfícies. A otimização de sistemas de arrefecimento já foi motivo de vários projetos industriais, que em alguns casos conduziram a resultados de grande interesse em peças de diversas dimensões.

O presente projeto visa contribuir para melhorar o desempenho do molde, pelo desenvolvimento de novos sistemas de arrefecimento, impossíveis de serem realizados sem a manufatura aditiva, e pelo recurso a novas composições químicas de aços-ferramenta, indisponíveis no mercado.

O foco da investigação industrial incide numa nova aplicação de processos aditivos, em particular SLM (*Selective Laser Melting*), já muito utilizado na indústria, primeiro para criar novos sistemas de arrefecimento com maior eficácia de escoamento do calor, resultante de um novo *design*, de elevado grau de complexidade, por circulação de fluido baseado na teoria construtal. Em segundo, a utilização desta tecnologia, onde a presença de uma fase líquida permitirá criar também aços-ferramenta por medida, ou seja, com novas composições químicas e físicas compatíveis com o polimento denominado de ultra alto brilho.

A qualidade do polimento é tanto melhor quanto maior for a dureza, mas também quanto mais homogênea e de reduzida dimensão for a fase secundária formada com elevada dureza. O ideal será ter um aço ao qual foi adicionado um elemento de liga com elevado poder carborígeno ou com grande afinidade para o nitrogénio, que permita com estes elementos em solução, durante o arrefecimento, formar uma fase secundária endurecedora (carboneto ou nitreto do(s) elemento(s) de liga) nanométrica coerente com a matriz, enriquecida nos restantes elementos de liga carborígenos/nitrorígenos presentes no aço.

A tecnologia SLM permite, com eficácia, criar um nanocompósito em que na matriz (aço convencional após austenitização a temperatura que permita a dissolução dos carbonetos primários do aço), durante o arrefecimento ocorra a formação de V₄C₃ em excesso, em relação ao previsto para o teor de vanádio nos aços convencionais, com ou sem adição dos elementos intersticiais, como carbono e nitrogénio.

Com o projeto é esperado o desenvolvimento de aços nanocompósitos, com reforços de carbonetos e nitretos de elementos supercarborígenos, pela aplicação de uma metodologia inovadora, a qual se associa a metalurgia de pós ao processamento aditivo (SLM), sem custos adicionais significativos, pois o SLM pode intervir com sucesso no processo de fabrico dos elementos moldantes, para produzir novos sistemas de arrefecimento.

O projeto HIGHLIGHT, ao criar novas soluções para formular a composição química de materiais para aplicações específicas, permitirá contribuir para o fabrico de moldes com características diferenciadas, e dessa forma dará contributos que promoverão melhorias significativas na indústria, nomeadamente:

- Reduzir em 60% o tempo de polimento das superfícies moldantes de alto brilho para peças plásticas.
- Reduzir o número de ensaios para aprovação do molde para peças com superfícies de alto brilho.
- Reduzir o desgaste do aço decorrente da injeção de peças.
- Reduzir em 30% o número de horas para produção de elementos moldantes pelo recurso à nova técnica de ligação de materiais.

Este artigo foi realizado no âmbito das atividades de disseminação do projeto Highlight - Novas soluções para moldes de injeção com ultra alto brilho, projeto IDT em copromoção N^o47156.

