

AVALIAÇÃO ESTRUTURAL DO AÇO RÁPIDO M3/2 SINTERIZADO ATRAVÉS DA TECNOLOGIA DMLS

^{1,a}Luís Esperto, ^{2,b}Isabel Maria Martins, ^{1,c}Mário Santos

¹ Unidade de Tecnologias de Produção e ² Unidade de Engenharia de Materiais do Departamento de Materiais e Tecnologias de Produção do Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação
Edifício C, Estrada do Paço do Lumiar, 1949-038 Lisboa, Portugal
luis.esperto@ineti.pt, isabel.martins@ineti.pt, mario.santos@ineti.pt

RESUMO

O estudo da sinterização do pó de aço rápido M3/2 pela tecnologia DMLS baseou-se na utilização de diferentes parâmetros de processo e na optimização da respectiva distribuição granulométrica e densidade aparente. O material foi sinterizado em linha, área e volume utilizando uma distância entre linhas de varrimento constante (0.30mm), três velocidades de varrimento do laser (50, 150, 250mm/s) e duas potências de laser (154 and 180W). O aço rápido M3/2 foi utilizado tal qual e com diferentes adições de uma fracção fina do mesmo material de modo a aumentar a densidade aparente.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos têm sido efectuados diversos trabalhos de investigação e desenvolvimento de novos materiais para este processo. O aço rápido M2 atomizado com gás foi sinterizado através da tecnologia DMLS. Com baixas velocidades de varrimento formaram-se fissuras acentuadas e delaminação entre camadas, enquanto que nas velocidades mais elevadas a tendência para a formação de “balling” aumentou [1].

A Sinterização Selectiva por Laser do aço rápido M2 atomizado com gás produziu superfícies homogéneas e densas devido à elevada densidade aparente do pó, forma esférica das partículas e reduzido teor de oxigénio [2].

O aço rápido M2 atomizado com gás processado pela tecnologia SLS produziu superfícies cuja morfologia variou entre porosidade aberta e uma densificação completa à medida que a potência do laser aumentou. Em amostras completamente densas obteve-se uma baixa rugosidade superficial com grande espaçamento entre linhas de varrimento. O pó tal qual e o que foi sujeito a separação granulométrica comportou-se melhor na sinterização em comparação com as fracções mais finas devido ao teor de oxigénio [3].

Os autores estudaram a sinterização do aço rápido M3/2 com adições de Cu₃P (20% wt.) e grafite (0.25% wt.) através da tecnologia DMLS. Obtiveram-se superfícies sinterizadas contínuas e uma microestrutura fina com uma distribuição uniforme de cobre [4].

2. PREPARAÇÃO DOS PÓS

O aço rápido M3/2 comercial produzido por atomização com água foi moído á temperatura ambiente num moinho planetário durante cerca de 11h.

O M3/2 foi igualmente sujeito a separação granulométrica de modo a obter-se a fracção <63µm.

Esta fracção e o material moído (10 e 30% wt.) foram misturados num misturador Turbula durante meia hora.

Tabela 1: Distribuição granulométrica e densidade aparente dos materiais ensaiados.

Material	Densidade aparente (g/cm ³)	Diâmetro médio D ₅₀ (µm)
M3/2 comercial	2.53±0.02	62.16
M3/2 < 63µm	2.43±0.02	42.42
M3/2 moído	3.25±0.01	26.91
Mistura <63µm/ moído (90/10)	2.43±0.02	44.19
Mistura <63µm/ moído (70/30)	2.61±0.02	42.29
DirectSteel 50	3.20 ± 0.20	35.17

A distribuição granulométrica foi obtida num equipamento CILAS 1064, enquanto que a densidade aparente foi determinada através do funil de Carney de acordo com a norma Metal Powder Industries Federation standard MPIF 28.

Os valores obtidos para o material moído e para as misturas são semelhantes às do *DirectSteel 50*, particularmente no primeiro caso (Tabela 1).

3. EXPERIMENTAÇÃO

3.1. Sinterização por laser

O processo de construção de peças através da tecnologia DMLS tem início em ficheiros *stl* com a respectiva informação geométrica, gerados em sistemas CAD 3D. Esta informação é convertida em ficheiros de camadas com o formato *sli* através de software apropriado e em seguida transferida para a máquina de sinterização.

O pó é espalhado pelo distribuidor de pó na superfície da uma placa de aço associada à plataforma de construção (250X250mm), formando camadas com espessura uniforme (20-60 μ m). O laser de CO₂ (240W) efectua em seguida o varrimento da área correspondente a cada camada (secção XY) da peça, promovendo a fusão do material e a sua ligação metalúrgica à placa de aço se for a primeira camada, ou a uma camada de pó previamente sinterizada.

Após o varrimento da área a densificar, a plataforma de construção move-se para baixo o correspondente a uma camada, criando as condições para que nova camada de pó seja espalhada e sinterizada. Esta sequência de operações repete-se até que a construção esteja concluída (Figura 1).

O processo de sinterização decorre sob a protecção de uma atmosfera de azoto de modo a minimizar a oxidação dos materiais e a plataforma de construção é aquecida (80°C) com o objectivo de atenuar as tensões residuais geradas durante a solidificação.

Foram efectuados ensaios de sinterização do aço M3/2 comercial em linha, área e volume. Os ensaios em linha (15mm) permitiram verificar a possibilidade de se formarem cordões contínuos de material sinterizado.

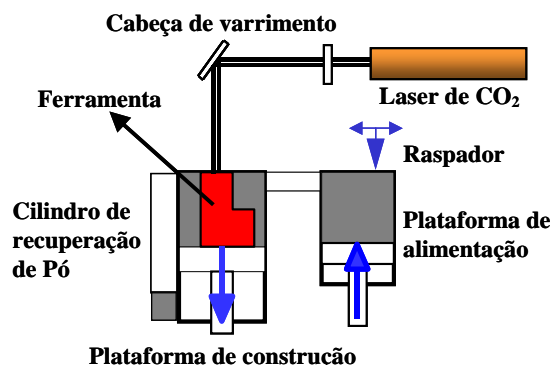


Figura 1 – Esquema da máquina EOSINT M250.

Os ensaios em área (15x15mm) permitiram verificar o grau de densificação do material. Em ambas as situações foram sinterizadas quatro camadas com 60 μ m com varrimentos na direcção X. Foram igualmente efectuados ensaios de sinterização em volume (15x15x15mm). Os parâmetros de processo utilizados encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros do processo DMLS.

Potência do laser (W):	154 e 180
Velocidade de varrimento (mm/s):	50, 150 e 250
Distância entre linhas de varrimento (mm):	0.30
Espessura de camada (μ m):	60

Os pós modificados foram sinterizados em área utilizando os mesmos parâmetros. Cada camada, num total de quatro, foi sinterizada com varrimentos nas direcções X e Y.

3.2. Análise do material sinterizado

A topografia, microestrutura e integridade estrutural do material sinterizado foram analisados num microscópio electrónico de varrimento *Philips XL30 FEG* equipado com uma microsonda *EDS* de Raios X para análise química.

A avaliação microestrutural foi efectuada num microscópio óptico. Para o efeito, as amostras (secções paralelas e perpendiculares à direcção de construção) foram cortadas, montadas, polidas e contrastadas com 5% de nital.

4. RESULTADOS

4.1. Sinterizado do M3/2

A sinterização em linha com 180W de potência do laser e 50mm/s de velocidade de varrimento forneceu o melhor resultado, ou seja um cordão contínuo e uniforme de material sinterizado com marcas que coincidem com a direcção do movimento do laser (Figura 2).

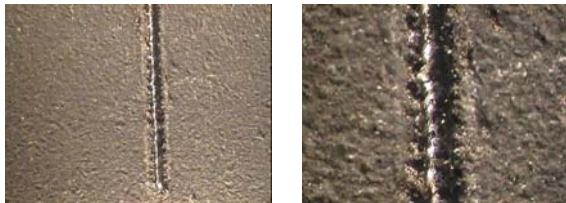


Figura 2: Cordão contínuo obtido com 180W de potência do laser e 50mm/s de velocidade de varrimento (12 e 40X).

A construção em volume (15x15x5mm) originou amostras com níveis de porosidade tendencialmente crescentes com a velocidade de varrimento do laser. A Figura 3 mostra a superfície com morfologia colunar e porosidade do cubo sinterizado com os parâmetros anteriormente referidos. Este material apresenta uma microestrutura muito fina típica de um processo de solidificação rápida (Figura 3).

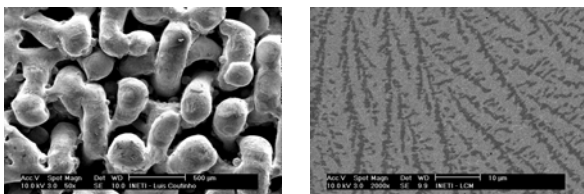


Figura 3: Topografia colunar e espaços abertos; estrutura dendrítica (MEV).

4.2. Sinterizado do M3/2 modificado

A superfície sinterizada com 180W de potência do laser e 50mm/s de velocidade de varrimento da mistura da fracção <math><63\mu\text{m}</math> com 10wt.% de finos apresentou-se praticamente preenchida e com pequenos aglomerados (Figura 4 esq.).

O M3/2 moído sinterizado com os parâmetros anteriormente referidos apresentou uma superfície com maior continuidade, menos espaços abertos e aglomerados, devido provavelmente ao facto de a distribuição granulométrica e a

densidade aparente serem equivalentes aos do *DirectSteel 50* (Figura 4 dir.).

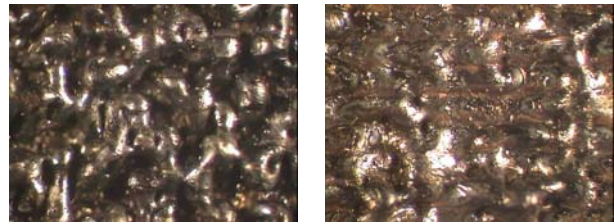


Figura 4: Superfície sinterizada (40x): mistura com 10% de finos (esq.); M3/2 moído (dir.).

A construção em volume utilizando o material moído não foi bem sucedida porque a altura do material sinterizado ultrapassou a espessura de camada provocando a interrupção do processo.

5. CONCLUSÕES

- ❖ O aço M3/2 foi sinterizado em volume utilizando varrimentos na direcção X. A densidade mais elevada foi obtida com 180W de potência do laser e 50mm/s de velocidade de varrimento.
- ❖ A densidade aparente e a distribuição granulométrica do M3/2 comercial foram ajustados às do *DirectSteel50*.
- ❖ A sinterização das misturas segundo as direcções X e Y produziu superfícies mais irregulares do que as obtidas com o material comercial.

6. - REFERÊNCIAS

- [1] Simchi, A., Asgharzadeh, H.: Densification and microstructural evaluation during laser sintering of M2 high speed steel powder. *Materials Science and Technology* 20 (11), p. 1462-1468 (2004).
- [2] Niu, H. J., Chang, I.T.H.: Selective laser sintering of gas and water atomized high speed steel powders. *Scripta Materialia* 41 (1), p. 25-30 (1999).
- [3] Niu, H. J., Chang, I.T.H.: Selective laser sintering of gas atomized M2 high speed steel powder. *Journal of Materials Science* 35, p. 31-38 (2000).
- [4] Martins, I., Esperto, L., Santos, M.: Sintering M3/2 high speed steel powder by DMLS process. *Materials Science Forum* 514-516, p. 1506-1510 (2006).