

“MELTING 4.0” – DIGITALIZAÇÃO E CONTROLO DIGITAL DAS OPERAÇÕES DE FUSÃO NAS FUNDIÇÕES E SIDERURGIAS”

CHRISTIAN KLEEBERG

RGU ASIA PTE LTD
ck@rgu-asia.com

Traduzido por:

ALEXANDRA FERREIRA, Secretária-geral APF

INTRODUÇÃO

Na indústria de fundição (e indústria siderúrgica), a etapa de fusão é uma operação fragmentada e pouco sistematizada, pertencendo a um dos setores menos digitalizados das empresas, apresentando, por isso, um potencial de melhoria muito grande. Neste artigo apresenta-se uma visão global das práticas de fusão e oferece-se um conjunto de soluções de digitalização com base em software e hardware modernos, sendo consideradas o estado-da-arte da gestão das operações de fusão.

RESUMO

O setor da fusão apresenta, normalmente, um grande nível de desperdício, no entanto, esta situação deve ser avaliada com o propósito de se evoluir para processos de fusão otimizados, incluindo matérias-primas de custo eficaz, consumo de ferro-ligas reduzido e ciclos de fusão curtos, tornando este processo realmente económico. Equipamentos eficientes, combinados com uma boa da gestão de materiais e um sistema de gestão de energia eficaz, são fatores fundamentais para o sucesso das operações de fusão de ligas metálicas. Atualmente, as operações de fusão podem ser otimizadas através da aplicação de software avançado, de forma a atingir-se maior eficiência e redução de custos. De facto, o setor da fusão apresenta grande potencial de digitalização e o software FRP.melt® constitui a solução para apoiar toda a cadeia de valor. A flutuação significativa dos preços das matérias-primas e o aumento dos custos da energia nos últimos anos, com a crescente pressão sobre os preços do produto final, reforçam a necessidade de reorganizar os processos e utilizar os recursos existentes de forma mais eficaz. Em muitas fundições, a contribuição das tecnologias de

informação fica muito aquém de todo o seu potencial, estando as empresas, na maior parte das vezes, num nível de desenvolvimento muito longe do conceito "Indústria 4.0"- digitalização e implementação de sistemas ciber-físicos.

Para se alcançar a qualidade desejada nas operações de fusão, os processos contínuos e descontínuos têm de ser sincronizados e os parâmetros específicos de cada etapa têm de estar alinhados entre si. Isto é válido quer para fundições tradicionais, quer para fundições modernas, sendo o maior constrangimento, a capacidade de recolha e processamento de dados através de interfaces inteligentes, numa base de dados central, que permita decisões baseadas em dados, especialmente quando se pretende fundir com qualidade, na quantidade certa e com custos otimizados.

Por outro lado, a tecnologia de sensorização resistente ao calor ainda não amadureceu o suficiente de modo a fornecer mais do que apenas "medições de temperatura". A fusão das ligas metálicas ocorre a temperaturas significativamente superiores a 1000°C, sendo necessário procurar metodologias alternativas para que as melhores práticas de fusão sejam adotadas - totalmente digitalizadas e a funcionar na ponta dos dedos.

FRP.MELT® PARA A DIGITALIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES DA FUSÃO

Como é que o software FRP.melt® pode apoiar as operações de fusão?

O setor da fusão é o setor mais importante de uma fundição, por duas razões fundamentais: a preparação das ligas faz-se nesta etapa e a quantidade de energia envolvida representa cerca de 70% do custo total de energia, sendo muito superior a qualquer outra etapa do processo.

A etapa da fusão é muito específica, e, portanto, requer especial atenção. A variação intrínseca aos processos da fusão, torna importante a utilização de bases de dados para o registo de dados. Por outro lado, sendo o processo de fusão, o segredo mais protegido da empresa, o software FRP.melt® tem como objetivo preservar este know-how numa base de dados e não apenas em folhas de cálculo ou em papel.

FRP.MELT® – REQUISITOS E ESPECIFICAÇÕES DO SOFTWARE

- Planeamento integral do processo de fusão, abrangendo todas as etapas de fusão e correção do banho – até ao momento em que o metal fundido está pronto para vaziar.
- Pré-cálculos precisos, com quantidades de sucata, ferro-ligas e metais, obrigatórios antes do início do processo de fusão.
- Otimização da quantidade de materiais para carregamento (*batch*) e recarregamento (*re-batch*) precisos.
- Tempos de fusão reduzidos e consequente aumento da capacidade de fusão, através de um sistema de informação integrado com instruções do processo, parâmetros do forno, necessidades energéticas (rastreadibilidade), análises, etc.

O software FRP®.melt:

- reduz as necessidades de energia por tonelada fundida e, consequentemente, reduz os custos, apoiando a gestão de energia no pico de maior consumo.
- garante a rastreabilidade e segurança do processo, registando e arquivando todas as etapas, análises e consumos no relatório de fusão.
- permite avaliações na forma de formulários e relatórios *web-based*.
- faz o link para dispositivos de análise e controlos do forno para melhorar a integração das etapas.
- permite a integração de sistemas terceiros através de interfaces padronizadas, mantendo o fluxo contínuo de massa e materiais.

O software FRP.melt® está disponível dentro do software FRP-suite® como um módulo adicional ou como solução autónoma, com ou sem interfaces para sistemas terceiros. A solução autónoma requer um nível de formação inicial especial, sendo também aconselhadas formações contínuas de modo a beneficiar ao máximo desta ferramenta.

FRP.MELT® OFERECE A DIGITALIZAÇÃO PASSO A PASSO

O FRP.melt® está categorizado em 3 módulos diferentes: M1, M2 e M3. O módulo M1 é a solução de nível inicial, projetada para criar uma base de dados e permitir cálculos de cargas. Tem como objetivo guardar o know-how interno numa base de dados (passo 1). Visa também reduzir os custos de cada batch de produção, através de cálculos “what if”, por exemplo, adicionar FeNi em vez de Ni puro nas correções do banho (passo 2). Por último, é também utilizado para calcular o custo padrão do batch (sem preços reais de compra) e para calcular o custo real do batch (sem gestão de materiais e sem itens de compra) (passo 3).

Desta forma, é possível obter dados exclusivos para cada fundição. As necessidades de implementação/formação são mínimas devido à abordagem padronizada. O módulo M2 é um nível avançado de gestão do setor da fusão. Para implementá-lo necessitamos de completar o módulo M1. Os principais elementos adicionais do módulo M2 são os seguintes:

- Equipamentos de fusão - registos, capacidade, etc.
- Cálculo pós-carga –correções do banho metálico, análise química.
- Relatório de fusão – cálculo de cargas com base nos materiais adicionados, diferentes tipos de processo e correção do banho.
- Inputs da equipa de trabalho.
- Registo de consumo de energia (kWh) por fusão.
- Seleção da colher de vazamento.
- Impressão do relatório da fusão.
- Registo do número de aquecimentos do revestimento do forno para uma melhor manutenção.
- Informações online da fusão– cálculos de carga, relatórios de fusão, etc.

O módulo M3 serve para a implementação de uma gestão profissional do setor de fusão. Para implementar este módulo, todas as atividades definidas nos módulos anteriores devem estar concluídas. Os principais elementos adicionais são os seguintes:

- Programa de gestão de materiais – listas de preços, ordens de compra, entrada em stock de mercadorias, inventário, expedição de stock, balanço, registo de inventário por entrada em stock com análise do material de entrada.
- Integração digital do espectrómetro – recolha dos dados da análise para o relatório de fusão, análise real da matéria-prima, análise real do fundido, cálculo pós-carga.
- Opcionalmente, implementação do DASHBOARD com exibição de informações on-line e desempenho da fusão.

O ÂMBITO DO FRP.MELT®

Os objetivos do FRP.melt® são os seguintes:

- Planeamento do processo de fusão para todas as etapas, desde a carga, até à fusão e vazamento.
- Composição precisa da carga e pós-carga – otimiza a adição de materiais, especialmente metais caros, através da composição precisa das cargas.
- Custeio preliminar – permite a estimativa do custo preliminar, calculando os requisitos para sucata, ferro-ligas e metais.
- Suporte online – fornece suporte online para a fundição, reduz significativamente os tempos de fusão e, portanto, aumenta a capacidade da mesma.

- Gestão de energia – reduz o consumo de energia por tonelada de metal fundido promovendo a gestão de energia no pico de maior consumo, reduzindo os custos consideravelmente.
- Documentação detalhada – inicia-se com o cálculo da composição ideal de carga, todas as etapas da fusão são registadas, documentadas e, seguidamente, disponibilizadas para avaliação detalhada.

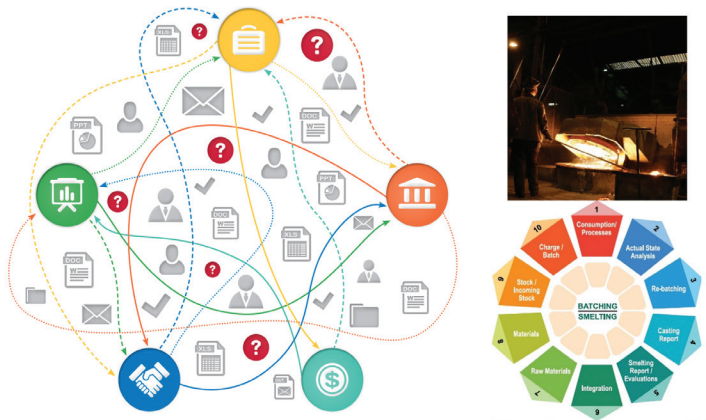


Figura1: Ligação entre processos contínuos e descontínuos, digitalização da produção por batch e o mundo real

CONFIGURAÇÃO E DADOS PRINCIPAIS

A base de dados dos materiais, juntamente com os valores-alvo definidos nos planos de ensaio, apresenta as propriedades mecânicas das peças fundidas. O código interno do material fica ligado a um banho metálico específico, e se aplicável, a um tipo de tratamento térmico:

- resumo da variação das especificações relativas a normas ou especificações do cliente;
- consideração de aspetos metalúrgicos e económicos;
- quando aplicável, atribuição de listas de preços (web-based, bolsa de valores, cliente).

Uma determinada liga, pode ter vários planos de ensaio com diferentes valores-alvo:

- diferenciação de acordo com a norma, tratamento térmico e espessura de parede;
- para o cálculo da carga, são possíveis diferentes análises-alvo (amostras preliminares e finais).

É possível ter diferentes procedimentos de fusão para o mesmo tipo de banho e o mesmo tipo de banho pode ser estabelecido para diferentes ligas metálicas. As propriedades mecânicas dependem de muitos outros fatores para além da composição química: parâmetros de fusão, arrefecimento e tratamento térmico. O plano de ensaios do material também pode incluir outros requisitos, por exemplo, possíveis procedimentos/instruções de soldadura.

É efetuado o registo da utilização de material e energia, através da:

- documentação de cada procedimento/carga ou período de fusão, ou
- consideração retroativa do consumo real por período.

Tabela 1: Operações FRP.melt® vs. operações do processo de fusão manual

FRP.fusão®
• Todos os materiais • Custo de trabalho otimizado • Todos os tipos de fornos • Todos os tipos de fusões • Valores-alvo através de comparação digital • Zero erros possível, sempre que sejam conhecidas as entradas • Valores calculados e não estimados

VS.

PROCESSO MANUAL
• Com base na experiência • Custo de trabalho não otimizado • Tempo de fusão mais elevado, logo maior consumo de eletricidade • Maior risco devido a erros de cálculo • Propenso a erros se não for corrigido com adições de ferro-ligas

PLANO DE RECURSOS POR FUSÃO

Os planos de recursos são como um "gémeo digital" das operações a realizar, sendo registados por tipo de fusão, com planos de trabalho integrados e listas de materiais a utilizar.

São asseguradas as seguintes funções:

- previsão de custos calculados com base na composição das carga padrão,
- cálculo das necessidades de materiais,
- parâmetros de restrições para limitar as proporções de sucata, retornos e limalha,
- limites mínimos/máximos para a utilização de materiais,
- alterações na avaliação normal dos materiais (fatores de desvalorização, perdas de fusão),
- parâmetros fixos ou materiais proibidos para o cálculo das cargas,
- formação de grupos de carga para os materiais, de modo a permitir a seleção de materiais adequados ou autorizados,
- especificação dos materiais para o cálculo da carga e pós-carga,

- descrição do processo de fusão, incluindo ensaios, instruções de trabalho e ações a tomar:
 - por exemplo, medição da temperatura x tempo desde o início da fusão;
 - por exemplo, recolha de amostra da colher quando é atingida uma determinada temperatura;
- os métodos de trabalho podem ser configurados de acordo com as unidades (minuto, kg, tonelada, frequência de pulso, etc.),
- o consumo de energia pode ser medido para as etapas individualmente (carga, fusão, manutenção da temperatura, preparação da colher),
- visualização de várias etapas de tratamento (fusão, forno de manutenção, banho para vazamento).

Tal como no caso do planeamento de peças fundidas, também é possível introduzir funções de cálculo e outras configurações: por exemplo, é possível ter em conta os parâmetros do forno na elaboração das especificações.

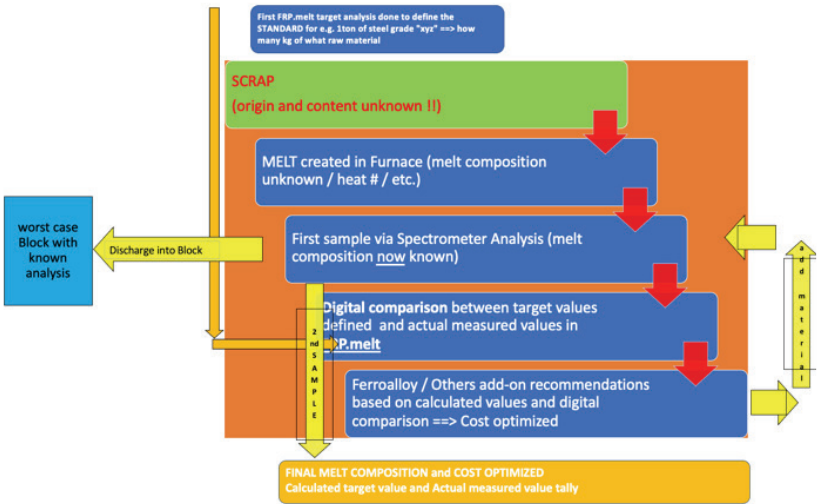


Figura 2: Workflow para os cálculos de fusão/carga usando FRP.melt®

DADOS PRINCIPAIS DAS LIGAS

Os valores-alvo para os ensaios mecânicos e microestrutura, são introduzidos na base de dados. No processo de fusão, e em especial para o cálculo da carga e pós-carga, os valores-alvo para a análise química são particularmente importantes. Estes podem ser enunciados de forma diferente de acordo com as etapas do tratamento (carga, pós-carga, tratamento/inoculação, análise final). Na base de dados de materiais é possível guardar as análises relevantes juntamente com os limites internos, tolerâncias e os valores-alvo para os cálculos de carga e pós-carga. O FRP.melt® – Plano de Teste Padrão foi completado com mais parâmetros de controlo para cálculos de carga:

- especificação do elemento base, através do qual diferentes planos de ensaio podem ser inseridos com diferentes elementos de base,
- tipo de elemento químico (em especial desoxigenação sem ter em conta os valores limite),
- controlos dos valores-alvo (alvo, mín/máx para limites de aviso ou tolerância),
- controlo dos valores-alvo para o cálculo da pós-carga em função dos limites.

GESTÃO DE MATERIAIS

A gestão integrada e contínua de materiais envolve a rastreabilidade dos fluxos de materiais de carga e fusão e inclui o local de armazenamento e/ou a gestão de stock. Os preços da avaliação são efetuados através de funções clássicas ERP. Todos os dados principais necessários para os materiais utilizados são processados num formulário de dados de entrada no FRP.melt®.

As análises dos materiais utilizados na carga são verificadas de acordo com determinadas regras, por exemplo, de acordo com as informações do fornecedor, verificações de mercadorias recebidas, carga ou período de tempo. As análises são registadas para cada receção de mercadorias, a aprovação é realizada em linha sempre que os valores-limite acordados são cumpridos.

CÁLCULO DE CARGA

O aspeto fulcral do FRP.melt® é o cálculo da composição ideal da carga e recarga. Existem diferentes opções disponíveis para calcular uma composição padrão, para determinar os custos de material e do batch, auxiliando a gestão da fusão.

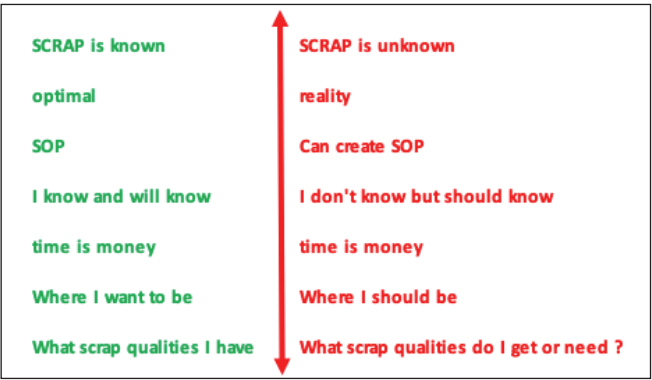


Figura 3: Importância da origem da matéria-prima e como utilizá-la.

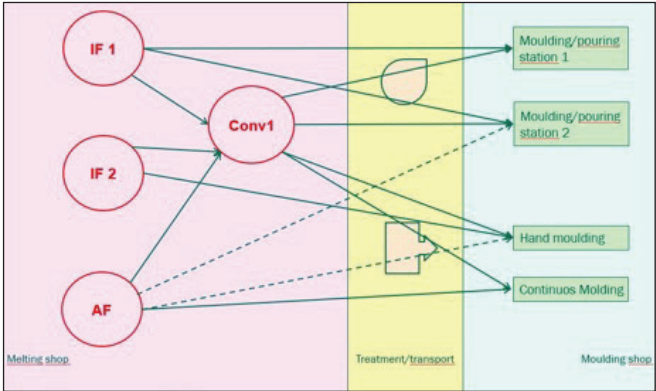


Figura 4: Interação entre a fusão, o tratamento/transporte do metal fundido e a linha de moldação (IF=Forno de indução; AF = Forno a arco; Conv=Forno de manutenção, quando aplicável)

OS RELATÓRIOS DE FUSÃO

O relatório de fusão fornece os dados reais relativos à análise química, componentes de carga, consumos de energia, quaisquer avarias que ocorram durante a produção, etc. Também permite comparar as informações reais com os dados necessários.

As vantagens do FRP.melt® são apresentadas na figura a seguir.

- SEGURANÇA DO PROCESSO
- REDUÇÃO DE CUSTOS EVITANDO CARGAS/FUSÕES COM PROBLEMAS
- OTIMIZAÇÃO DOS FORNOS
- REDUÇÃO DE ENERGIA
- OTIMIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO
- INTEGRAÇÃO COM O SISTEMA FRP.kompakt®
- DOCUMENTAÇÃO MAIS FÁCIL DE CERTIFICADOS
- MELHORIAS DE PRODUTIVIDADE

Figura 5: Benefícios totais usando FRP.melt® – o Retorno do Investimento pode ser potencialmente alcançado ao fim de um mês

CONCLUSÕES: PORQUÊ O SISTEMA FRP.MELT®?

Fiabilidade do processo

- Fluxo de informação
- Prevenção de erros
- Integração de conhecimento
- Rastreabilidade do fluxo de materiais

Fiabilidade no planeamento

- planeamento de todos os níveis de tratamento
- disponibilidade de materiais
- resposta rápida à flutuação dos preços dos materiais
- estado dos equipamentos e das colheiras de vazamento
- redução dos tempos de fusão
- poupança de energia

Transparência de custos

- graus normalizados com custo otimizado
- comparação de preços
- avaliação dos retornos e limalha
- alocação de materiais e energia
- controlo do setor de fusão

Adicionalmente, sendo a fusão o setor em que a digitalização está menos desenvolvida, há ainda um grande potencial a explorar. *Big Data* significa *Big Money*. Sem uma base de dados do setor de fusão disponível numa plataforma comum e integrada, não será possível avançar na digitalização da fundição.

Como *benchmark*, o potencial de redução de custos pode atingir 30% do custo total do setor da fusão.

BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS

- RGU publication 2018: “Foundry 4.0 and Raw Material Cost Battle”
- RGU publication 2019: “YOU CAN PREDICT RAW MATERIAL PRICES WITH INTEGRATED DATA ANALYTICS”
- RGU publication 2020: “DIGITAL TRANSFORMATION MISCONCEPTIONS”
- McKinsey Report January 2018: “Unlocking-the-digital-opportunity-in-metals_Jan-2018”
- RGU publication 2020: “2020_08_MELT PRODUCT DESCRIPTION VERSION_011”
- RGU publication 2018: “Paper_33_Melt_Optimisation__Poster” (Exhibition banner)



GRANALHADORAS
com o melhor retorno do seu investimento



ESPECIALISTAS EM GRANALHAS, ABRASIVOS E EQUIPAMENTOS PARA O TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES

GRANALHAS E ABRASIVOS

GRANALHAS DE VIDRO / MICRO ESFERAS DE VIDRO / ESFERAS CERÂMICAS / CORINDOS / ABRASIVOS PLÁSTICOS / BAUXITE / ESMERIL / GARNET / CARBURETO DE SILÍCIO / GRANALHAS DE INOX / GRANALHAS DE AÇO / GRANALHAS CW / SILICATOS DE FERRO E ALUMÍNIO / ABRASIVOS VEGETAIS / OUTROS ABRASIVOS

EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS

GRANALHADORAS / SALAS DE DECAPAGEM / CABINES / CUBAS / ASPIRADORES / EQUIPAMENTOS DE ELETROPOLIMENTO / EQUIPAMENTOS DE VIBRAÇÃO / PEÇAS E ACESSÓRIOS PARA VÁRIAS MARCAS

IMPRESSÃO 3D

Equipamentos e Abrasivos para pós-tratamento de peças impressas em 3D.

CONSULTORIA TÉCNICA E MANUTENÇÃO

Serviço de consultoria e manutenção efetuado por profissionais com elevada experiência, em equipamentos de várias marcas.



Existem benefícios que apenas um especialista pode oferecer!

Para mais informações entre em contacto connosco



CABINES NORMFINISH

- ✓ Cabines projetadas para tornar o processo de produção mais eficiente
- ✓ As melhores soluções para o pós-processamento de produtos impressos em 3D
- ✓ Um nome altamente reconhecido no mundo da tecnologia de decapagem e tratamento de superfícies