

FRESADO INTELIGENTE DE PLACAS A 800°C, COM EQUIPAMENTO DE ALTA PERFORMANCE*

Matthias Wörndl¹
Wolfgang Kumpfhuber²
Hermann Watzinger³
Morosz Jürgen⁴
Markus Graul⁵

Resumo

A indústria siderúrgica demanda um acabamento superficial de excelente qualidade em placas (*slabs*), antes de seu processamento em laminadores. O limite da temperatura de fresagem de 300°C exigia um esfriamento com posterior reaquecimento, gerando elevadas perdas energéticas. A empresa austríaca Maschinenfabrik Liezen com ampla experiência na fabricação de fresadoras de grande porte até 300°C desenvolveu e fabricou uma revolucionária fresadora de alta capacidade (600.000 ton/ano), para operar de forma contínua em 800°C; nesse desenvolvimento de hardware e software foram também incorporadas várias otimizações operacionais e ambientais, sendo o destaque a fresagem modulada/inteligente, com precedente relevamento topográfico e termográfico para a localização dos defeitos superficiais, para a posterior fresagem com profundidade variável para a minimização de material retirado e simultânea eliminação dos defeitos localizados.

Palavras-chave: Placas; Ecologia; Alta temperatura; Fresar.

INTELLIGENT SLAB MILLING WITH HIGH PERFORMANCE EQUIPMENT

Abstract

The steel industry requires a surface finish of excellent quality at slabs (plates) before the rolling process. The milling temperature limited at 300 °C required a cooling stage with subsequent rewarming, generating high energy losses. The Austrian company Maschinen Fabrik Liezen with extensive experience in manufacturing large milling machines up to 300 °C developed and manufactured a revolutionary milling machine with high capacity (600.000 tons / year), at continuous operation at 800 °C; in this development of hardware and software are also incorporated into various operational and environmental optimizations, with the highlight modulated/smart milling with previous topographic and thermographic inspection for the location of surface defects, for subsequent milling with variable depth to the withdrawn minimizing material and simultaneous elimination of all located defects.

Keywords: Slabs; Ecology; High temperature; Milling.

¹ Ing., Polytechnic Institute for Mechanical Engineering; International Sales Manager; Maschinenfabrik Liezen; Styria; Austria.

² Ing., International Logistic Management; Commercial Manager; Maschinenfabrik Liezen; Styria; Austria.

³ Technical College for Mechanical Engineering; Technical Manager; Maschinenfabrik Liezen; Styria; Austria.

⁴ Polytechnic Institute for Mechanical Engineering; International Sales Manager; Maschinenfabrik Liezen; Styria; Austria.

⁵ Technical University for Automotive and Rail Technology; Development Manager; Maschinenfabrik Liezen; Styria; Austria.

1 INTRODUÇÃO

No presente estado da tecnologia, na fabricação de produtos siderúrgicos planos, é utilizado quase exclusivamente o processo de lingotamento contínuo.

Nos últimos anos, e devido às crescentes pressões de qualidade e preço, no processo de fabricação de produtos laminados de alta qualidade, as exigências foram aumentando continuamente, especialmente em relação à qualidade da superfície e a homogeneidade das placas.

Há pouco tempo, ainda era possível reciclar generosamente as peças finais laminadas, mais isso já não é mais possível, por razões económicas.

Pelas exigências de qualidade e custo, as falhas já devem ser detectadas na placa e ser removidas antes do processamento na linha de laminação, uma vez que essas falhas aparecerão posteriormente, gerando problemas ainda maiores de qualidade/custo no produto final.

Isto resulta em demandas crescentes sobre o processo de fabricação de placas e da qualidade do material que entra no trem de laminação, em relação a superfícies sem trincas, nem inclusões.

O balanço de energia também impacta de forma economicamente sensível nos custos de produção, ou seja, no produto final.

Ciclos de resfriamento e aquecimento por serem procedimentos descontínuos provocam um aumento do gasto energético.

A indústria siderúrgica está constantemente à procura de economias de energia e de medidas de melhoria da qualidade, para gerar produtos finais com condições de competir no mercado.

Cada potencial de poupança mantendo a qualidade ou até melhorando o material, significa uma enorme vantagem competitiva no mercado globalizado.

PROCESSAMENTO DE PLACAS, ANTES DE SUA LAMINAÇÃO

Status da Tecnologia até hoje

As exigências para a qualidade da superfície das placas aumentou muito, uma vez que os defeitos no produto final atualmente geram custos muito mais elevados.

As placas são depositadas para um esfriamento fora da linha de produção após o lingotamento contínuo (com perda de energia). E a placa pode trincar durante o resfriamento.

A usinagem das superfícies das placas só pode ser executada até 300 °C (na tecnologia de fresado ou escafagem). O método de esmerilhamento pode ser executado a 800 °C, porém é cada vez mais indesejado na siderurgia, devido aos elevados níveis de empoeiramento.

Atualmente, a detecção de defeitos é feita por inspeção visual, com funcionários. Ainda não estão disponíveis dispositivos de processo robustos em linha, no lingotamento contínuo.

Após a usinagem, a placa deve ser aquecida de novo, o que requer um considerável dispêndio de energia.

O tratamento das superfícies das placas, para a eliminação de defeitos, é feito na prática, hoje em dia, estimativamente com:

- Escarfagem e esmerilhamento: 80%, em baixa.
- Fresado: 10%, cada vez mais preferido.
- Placas sem tratamento: 10%

FIGURA 1: Posição da máquina fresadora de placas no fluxo de produção na aciaria

Desenvolvimento da solução de fresagem a 800 ° C

O grupo interno de Novas Soluções da empresa Maschinenfabrik Liezen und Gießerei Ges.m.b.H.(MFL)/Áustria iniciou em 2014 o desenvolvimento de uma nova fresadora de alto desempenho para placas, com os seguintes objetivos inovadores:

1. Fresagem contínua de placas de aço, inox e alumínio a até 800 °C, com grande capacidade de fresado.
2. Levantamento topográfico automático da superfície, para modular a curva de fresagem ao perfil da placa.
3. Detecção automática de defeitos superficiais.
4. Software para minimizar a remoção de material.
5. Minimizar o pessoal de operação.
6. Alto padrão de segurança com sistemas autossuficientes, totalmente automáticos.
7. Alto desempenho e rendimento

Apresentação do equipamento de fresagem placas em alta temperatura, conforme fabricado, com os principais detalhes resultantes do desenvolvimento.

De acordo com o estado atual da técnica, a placa deve ser esfriada após o processo de lingotamento contínuo até uma temperatura de aprox. 300 °C, para permitir o processamento subsequente.

A meta da MFL foi desenvolver uma operação em maiores temperaturas para receber a placa diretamente da saída do lingotamento contínuo usualmente com temperaturas entre 600 a 700°C para uma fresagem imediata, e assim evitar o dispendioso deslocamento de placas para seu resfriamento.

O fato que a placa não precisa mais ser retirada da linha para seu esfriamento e retorno posterior à temperatura original de aprox. 600°C significa - considerando a enorme capacidade térmica dos blocos metálicos (de até 30 toneladas)- enormes potenciais de economia de energia, na ordem de vários giga joules por placa.

As novas ferramentas de fresagem possuem novos insertos de corte substituíveis e foram desenvolvidas com uma nova geometria, para dissipar mais rapidamente o calor e são adaptadas às características de fratura alteradas dos cavacos.

Resumindo: a fresagem de placas nas temperaturas de saída do lingotamento contínuo representa uma inovação única.

FIGURA 2: Vista geral da planta de fresagem de placas

Principais inovações da fresadora de placas em alta temperatura

1. Mapeamento topográfico da superfície da placa

Antes de iniciar a fresagem, a superfície é mapeada para obter o banco de dados topográficos. Esses dados são obtidos por uma varredura de feixes laser e são processados para a minimização da retirada de cavacos. Esta inovação resulta em uma considerável redução de custos, especialmente para aços de alta qualidade, e com grande benefício ambiental pela reciclagem plena, de quase 100%.

FIGURA 3 Resultado topográfico típico

2. Detecção automática de defeitos na superfície

O desenvolvimento da detecção de trincas e outras falhas de placas a alta temperatura é um passo inovador que também aumenta consideravelmente a confiabilidade do processo e, assim também a qualidade e, finalmente incidirá positivamente na redução de custos.

A detecção automática de defeitos na superfície serve para identificar os pontos a serem processados e sua remoção por fresagem focalizada. Esta inovação de automação torna desnecessário o pessoal de inspeção na máquina.

A seguir a descrição da tecnologia desenvolvida para a detecção dos defeitos superficiais, pela detecção de fluxo de calor, ou seja baseada no método termográfico. O aço laminado a quente é aquecido durante sua passagem; a emissão/distribuição térmica resultante é capturada mediante câmaras estrategicamente montadas na fresadora. Os perfis de temperatura, que são processados com tecnologia digital, são avaliados considerando na sua análise as alterações de temperatura locais. Quando é detectado um “hot spot” ou ponto quente, pode se correlacionar o mesmo com elevada probabilidade com um defeito no material.

São usadas disposições de matrizes de detectores de radiação infravermelha; esta tecnologia possibilita a detecção reiterada das áreas a serem inspecionadas e corresponde ao estado da arte atual. Dependendo da velocidade de teste, taxa de atualização e tamanho do campo de a área de captura, são admissíveis até 30 fotos por área de visualização. Este método de ensaio não detecta somente os “pontos quentes”, ele também possibilita após o aquecimento indutivo, a acompanhamento e análise do comportamento temporal do incremento de temperatura. Estas informações adicionais que provem do calor inserido são utilizadas para reconhecer os sinais que efetivamente são geradas por falhas de material, descartando os sinais das leituras falsas. Cabe informar que os sinais de leituras falsas resultam principalmente pela distribuição não homogênea da emissividade da superfície de aço, bem como de condições de ensaio desfavoráveis, como é usual nesse ambiente industrial. Esta tecnologia traz a vantagem de detectar defeitos de trincas já a partir de uma profundidade de 0,3 mm.

São também bem conhecidos outros métodos de teste não destrutivo, tais como com correntes de Foucault, dispersão de fluxo e pós-magnéticos que basicamente também são adequados para uma detecção de tais defeitos. No entanto, nestas tecnologias existem limitações em termos de tamanho, formato e composição da superfície dos objetos de teste. Além disso, estes processos não são passíveis de uma automatização plena.

Sequência de ensaio:

Na detecção de defeitos superficiais por meio de termografia por fluxo de calor são necessárias uma fonte de calor e um processamento dos sinais do sensor. Devido ao grande volume de dados, cada sensor teve que ser equipado com seu próprio computador para o processamento desses dados.

O aquecimento da superfície pode ser originado por diversas fontes de energia térmica, como por exemplo, laser, corrente elétrica ou semelhantes. Caso o material incorpore uma trinca, o fluxo de térmico é interrompido ou reduzido, e há uma reflexão da radiação térmica. O sensor, uma câmara térmica, captura o desequilíbrio térmico que foi gerado pela trinca. É executada então uma análise da evolução temporal da temperatura, a que gera informações sobre as propriedades do material. Em materiais sem falhas não acontece emissão de radiação térmica, ela é completamente absorvida; este naturalmente é um caso ideal.

O tempo necessário para a verificação varia conforme a profundidade de teste; isto é devido a que a transmissão de calor acontece com uma determinada velocidade. Para aço, o tempo de reação na superfície é de microssegundos; nas profundidades de até 1 mm o tempo de reação já está na gama de milissegundos e aos 10 mm o tempo de reação é na ordem de 2 segundos. Devido à necessidade de introdução crescente de energia conforme aumenta a profundidade, pode se afirmar que o limite razoavelmente económico de verificação está na profundidade de 10 mm.

As câmeras térmicas foram instaladas na fresadora em gabinete de parede dupla, com resfriamento mediante água. Esta estrutura de montagem, com função de escudo de calor é também um resistente dispositivo de proteção mecânica. Os dados são transmitidos à sala climatizada dos processadores.

Os erros detectados são finalmente identificados de forma automática com marcas coloridas; isto facilita sua localização para o retrabalho posterior.

FIGURA 4. Esquema básico do processo termográfico

FIGURA 5 Resultado típico de um registro termográfico

3. Redução de pessoal de operação

Outro veemente desejo da indústria siderúrgica é a redução de pessoal direto na base da máquina, também em relação aos possíveis riscos nesses locais. Para aumentar os níveis de automação desta nova máquina fresadora, o sistema integra também a troca totalmente automática dos cabeçotes de corte, com os insertos desgastados, que serão substituídos sem intervenção humana na planta. Tudo isto é monitorado e governado desde a sala de comando. Assim, esta máquina fresadora trabalha com apenas 2 funcionários, sendo um na cabine de controle, e o outro no guincho/ponte rolante.

FIGURA 6 Sala de controle da fresadora

4. Alto desempenho / Alta produção

A máquina fresadora de alta temperatura é equipada com 2 cabeçotes de corte, cada um com 250 kW, que garantem uma profundidade de corte direto de até 12 mm e 600.000 toneladas/ano.

FIGURA 7: Vista dos dois cabeçotes de fresagem, em posição elevada.

Descrição da operação de fresagem

Sequência

1. Investigação topográfica completa da superfície com feixes laser
2. Fresagem com altura modulada
3. Levantamento de defeitos superficiais por tecnologia termográfica:
4. Acabamento: fresagem localizada para remoção dos defeitos detectados durante a fresagem:
 - a. Monitoração permanente de quebra ferramenta
 - b. Recuperação de quase 100% dos cavacos.

Principais características da fresadora inteligente de altas temperaturas para placas na saída do lingotamento contínuo:

- Conceito Fresadora portal de duplo cabeçote
- Levantamento topográfico Varredura laser
- Detecção de defeitos Câmeras de visão inteligente
- Fresagem completa inicial Modulada em altura
- Fresagem de defeitos Dirigida automaticamente
- **Temperatura de fresado** **Até 800°C**
- Capacidade 600.000 ton/ano ou mais
- Diâmetro de ferramentas Max 400 mm
- Potencia de fresagem 2 x 250 kW
- Velocidade de fresagem 2.500 mm/min
- Velocidade de avanço 15.000 mm/min
- Sistema controlador Sinumerik 840D
- Comprimento da placa Não limitado
- Largura da placa Max. 2,6 m
- Altura da placa Max. 700 mm
- Profundidade de fresado Max. 12 mm, por passagem
- Troca de ferramentas Sistema automático rápido
- Limpeza da placa Incorporado
- Captura de cavacos Incorporado
- Funcionários 2

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto, desenvolvimento e a posterior fabricação da unidade inicial, foram baseados na própria documentação interna e na longa experiência com clientes da empresa Maschinenfabrik Liezen und Gießerei Ges.m.b.H. da Áustria, apoiados pelo know how resultante de décadas de fabricação de fresadoras de grande porte para siderurgia (para temperaturas inferiores), e pela facilidade resultante de sua tradicional verticalização de todas as etapas inerentes à fabricação de máquinas ferramenta sofisticadas.

3 RESULTADOS

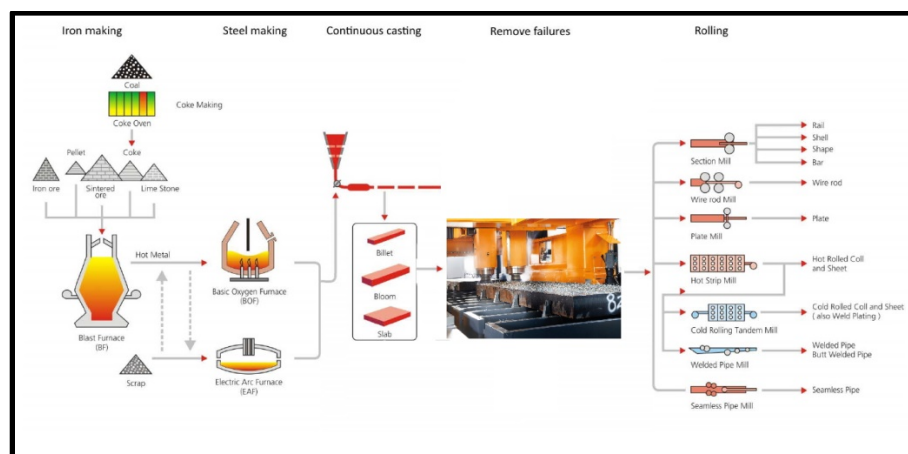


FIGURA1. Posição da máquina fresadora de placas no fluxo de produção na aciaria

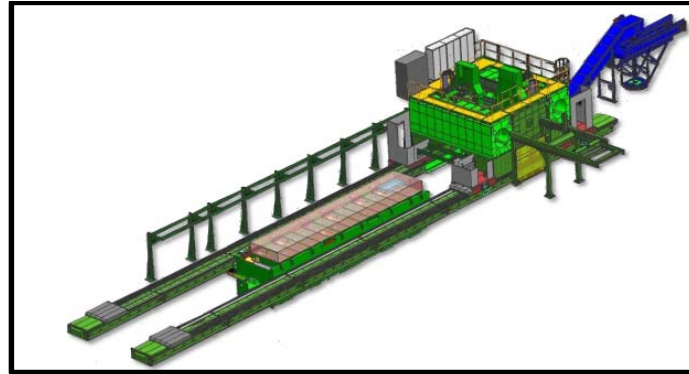


FIGURA 2. Vista geral da planta de fresagem de placas

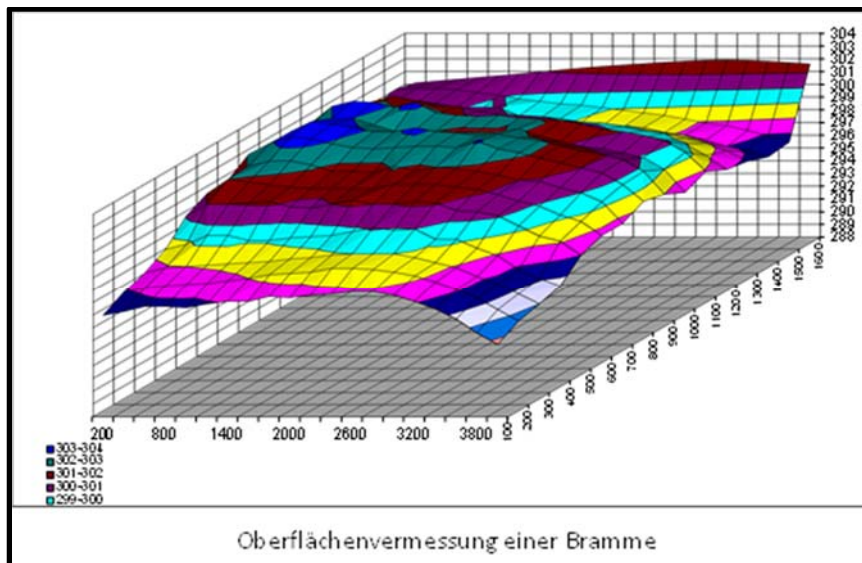


FIGURA 3. Resultado topográfico típico

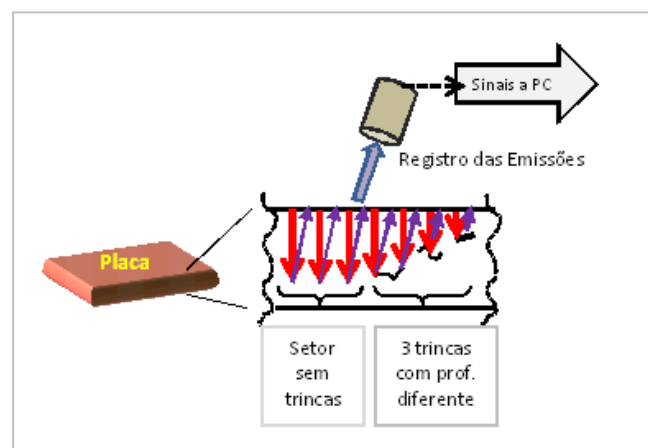


FIGURA 4. Esquema básico do processo termográfico

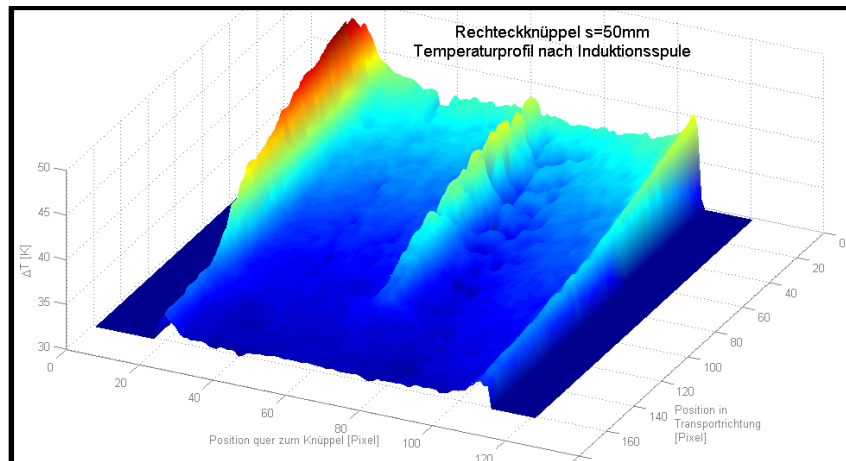


FIGURA 5. Resultado típico de registro termográfico

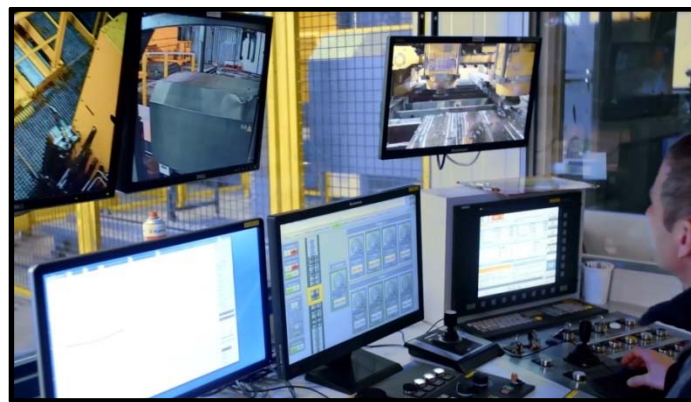


FIGURA 6. Sala de controle da fresadora



FIGURA 7. Vista dos dois cabeçotes de fresagem, elevados.

TABELA A - Comparação das tecnologias existentes na usinagem das superfícies de placas, antes de sua laminação, apresentando as inovações da MFL

	Fresadora S-BFA 2x400 HOT	Escarfagem	Esmerilhamento
Temperatura no processo	800°C	300°C	800°C
Capacidade [Placa/h] Placa: CxL = 10x2,6m	3 placa/hora	2 placa/hora.	1 placa/hora.
Deteção de defeitos superficiais	Automático	Humano/não	Não
Nível de Automação	Totalm. automático. Sem operador na fresadora	Operador na planta/robô	Operador na planta
Particularidades	Maior investimento inicial, exc. ROI	Elevada contaminação ambiental	Altera a estrutura metalúrgica. Elevada poluição
Pessoal	2	6	9
Consumo de energia	Menor	Elevado, + fluidos. Reaquecer placa	Elevado, + fluidos
Recuperação de material removido	Cavacos ± 100%	Escoria, <30%	Pó, < 50%
Nível de ruído	80dbA	80dbA, com sistemas amortecedores.	105dBA
Pól/ geração de CO2	Não	Elevada poluição de CO2	Elevada poluição com pó
Consumíveis:			
Consumo de água	Mínimo	Maior	Elevado
Consumo de oxigênio	Zero	Elevado	Zero
Cons. ar comprimido	Baixo	Maior	Alto
Consumo Nitrogênio	Zero	Elevado	Zero
Consumo Gás	Zero	Elevado	Zero

NOTA: As células em fundo verde são a opção mais vantajosa.

4 CONCLUSÃO

A fresadora inteligente de alta temperatura para placas, projetada e fabricada pela Maschinenfabrik Liezen und Gießerei Ges.m.b.H. da Áustria. reúne varias inovações exclusivas, resultante do know how e recursos próprios, com forte impacto na redução de custos diretos, na diminuição de pessoal de planta, e no maior atendimento as exigências ambientais, ainda assegurando elevada qualidade de usinagem. Estas vantagens foram apresentadas neste resumido trabalho, e em seu conjunto representam uma grande de inovação para a operação de fresado superficial de placas que não mais precisarão ser retirados de linha após a saída do lingotamento contínuo.

REFERÊNCIAS

- 1 Todas as referencias são documentação interna da própria Maschinenfabrik Liezen und Gießerei Ges.m.b.H./ Áustria.