

# VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE BICOS DE PULVERIZAÇÃO AR/ÁGUA, NO RESFRIAMENTO SECUNDÁRIO DE LINGOTAMENTO CONTÍNUO

Jürgen W. Frick  
Lechler GmbH & Co KG  
Ulmer Strasse 128  
D-72555 Metzingen  
Germany  
Tel.: ++49-7123-962-401  
Fax : ++49-7123-962-333  
E-mail : [frju@lechler.de](mailto:frju@lechler.de)

Tradução e Apresentação  
Alfonso H. Stein  
Area Sales Manager  
Tel.: ++49-7123-962-413  
[alfonso@lechler.de](mailto:alfonso@lechler.de)

Palavras chave: Coeficiente de transferência de calor (HTC), relação ar/água, relação de regulagem, distribuição de água, bicos ar/água, vazão, pressão, tubulação.

## INTRODUÇÃO

A demanda por produtos de alta qualidade e o necessário aumento de produtividade das máquinas de lingotamento contínuo, orientou a LECHLER GmbH da Alemanha, um dos maiores fabricantes de bicos de pulverização do mundo, no sentido de desenvolver bicos de pulverização mais eficientes para o resfriamento secundário em lingotamento contínuo. Assim sendo, tanto as características de pulverização tiveram que ser investigadas detalhadamente, como novos métodos tiveram que ser desenvolvidos, para melhor quantificar as taxas de resfriamento e de transferência de calor durante os processos de resfriamento secundário.

Novos projetos de sistemas e de bicos de pulverização ar/água, permitem uma melhor distribuição da água sobre a superfície a ser resfriada, o que vem se traduzir em uma substancial redução de defeitos superficiais, trincas de bordas e segregação de inclusões em placas, blocos e tarugos, melhorando significativamente a qualidade dos produtos lingotados continuamente. Esses novos sistemas também trazem benefícios operacionais, que permitem o aumento do mix de produtos e a capacidade de produção da máquina de lingotamento contínuo.

Os aspectos mais importantes no projeto e especificação de bicos de pulverização para lingotamento contínuo são os seguintes:

- Seleção do tipo de bico de pulverização, em função do mix de produtos lingotados e do desenho da MLC;
- Medição precisa das taxas de transferência de calor dos bicos de pulverização.
- Relação ar/água.
- Relação de regulagem.
- Distribuição de água.
- Novos métodos de fixação dos bicos de pulverização e das tubulações;
- Facilidades de manutenção e componentes modulares para os bicos de pulverização;
- Novos bicos ar/água para tarugo e blocos visando fabricação de produtos longos.

Esse trabalho se concentra nesses e em outros aspectos de projeto e desenvolvimento de novos tipos de bicos de pulverização, associados a um inovador projeto de fixação e caminhamento das tubulações nas máquinas de lingotamento contínuo.

## SELEÇÃO DE BICOS DE ACORDO COM O DESENHO DA MÁQUINA E DO MIX DE PRODUÇÃO

Contrariamente ao passado, o layout do resfriamento secundário é um dos primeiros passos ao desenhar uma nova máquina de lingotamento contínuo, ou quando uma máquina existente passa por uma reforma geral. Naturalmente a determinação das seções, o comprimento metalúrgico de lingotamento e a conseqüente distribuição de temperaturas ao longo da máquina vêm em primeiro lugar. A partir daí se aplicam modelos termo-matemáticos com computadores para realizar o cálculo de distribuição da transferência de calor (HTC) para cada tipo de aço e dimensão do produto. A capacidade dos bicos (vazão), para cada zona de resfriamento é o próximo passo a ser tomado. A utilização de modelos matemáticos com base em medições atuais de transferência de calor dos bicos nos ajudam a especificar exatamente os bicos com detalhes como vazões mínimas e máximas, distância entre bicos, alturas e sobreposição dos jatos. O entendimento de algumas causas de defeitos no lingotamento, também tem sua influência na especificação e nos parâmetros dos bicos.

Numa segunda etapa podem seguir os desenhos mecânicos dos segmentos. Este procedimento ressalta a importância do posicionamento dos bicos e seu comportamento com relação à qualidade dos produtos lingotados.

O objetivo dos bicos de resfriamento é o de produzir uma placa, bloco, tarugo ou esboço (beam blank), isento de defeitos em condições operativas econômicas. O fabricante de bicos tem que ter um conhecimento detalhado do comportamento dos bicos em condições de operação e de cada segmento da máquina.

## MEDIÇÕES DO COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR (HTC) DE BICOS

Para selecionar corretamente os bicos para cada máquina é necessário medir o HTC dos bicos. Uma forma de medir o HTC dos bicos é através de “bicos móveis” que mostramos na figura 1. Uma placa de aço com 24 sensores térmicos instalados a 2,5mm abaixo da superfície da placa, é aquecida numa atmosfera inerte a uma temperatura de 1.200°C.

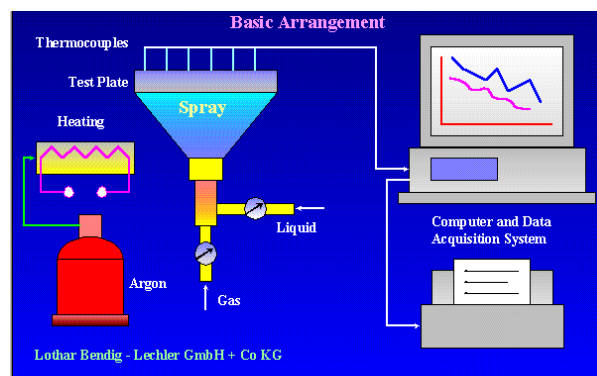


Fig.1: Esquema de medição HTC com “bico móvel”.

A face superior da placa está isolada enquanto que a face inferior se resfria com o bico a ser investigado. O bico está fixado a um braço móvel que se move paralelamente à placa através de um motor elétrico comandado por um computador.

Para simular o movimento do lingotamento entre os rolos, o computador atua removendo essa placa defletores para permitir o início do processo de resfriamento. O bico se move então da esquerda para a direita com o defletor aberto e em seguida em direção oposta com o defletor fechado. A faixa escura no lado inferior da placa que se vê na figura 2 é a área de impacto do spray do bico. A temperatura da água e da placa são medidas simultaneamente até que a placa tenha a mesma temperatura da água.

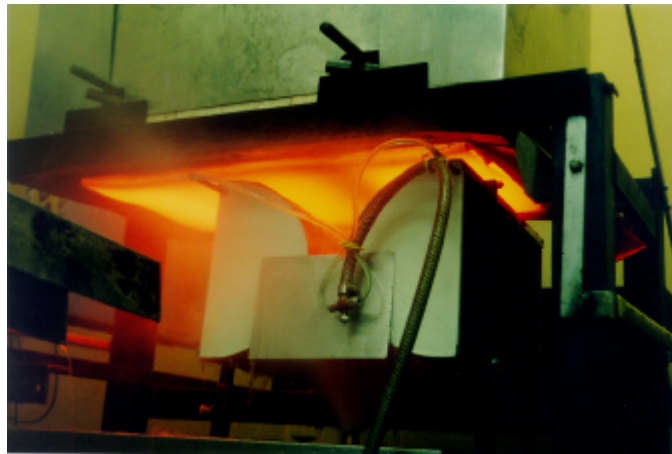


Fig. 2: Foto do “bico móvel” para medir o HTC

As temperaturas medidas e a posição do bico em relação à placa são arquivadas no computador. Essas informações são posteriormente utilizadas para avaliar a transferência de calor e estabelecer os HTC (coeficientes de transferência de calor).

## RELAÇÃO AR/ÁGUA

Uma maior vazão de água não é o único fator decisivo para influenciar a transferência de calor. O ângulo de spray e a distância do bico ao material, também tem um papel importante pois ambos determinam os alcances de resfriamento (largura e comprimento do spray) e, portanto, fatores importantes como densidade do spray (fluxo de água) e seu impacto sobre o material quente. Além disso, temos que considerar a relação de ar comprimido e vazão de água no processo de resfriamento secundário. A aplicação de água sobre o lingotamento significa ter água muito aquecida e a formação de uma camada de vapor sobre a superfície do material lingotado. O ar comprimido, nos dá a energia cinética necessária para a penetração das gotas através dessa camada de vapor.

Em uma máquina de lingotamento de placas, por exemplo, ocorriam com certa frequência, rompimentos (break out), o que nos levou a investigar o coeficiente de transferência de calor em condições operacionais, (ver figura 3).

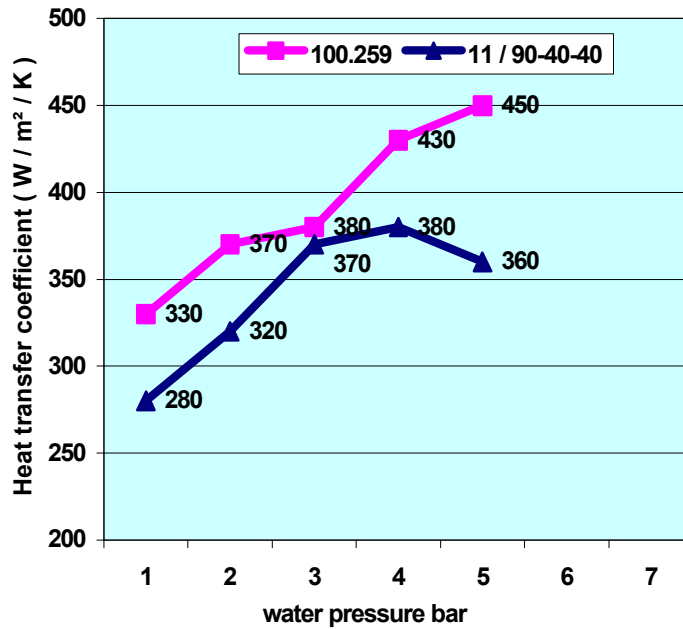


Fig. 3: Diagrama HTC dos bicos tipo 100.259 y 11/90-40-40, p-água 1,0 a 5,5 bar, p-ar 2 bar constante.

Para compreender melhor as curvas do HTC na figura anterior, vemos na figura 4, o comportamento das curvas ar/água do bico 11/90-40-40.

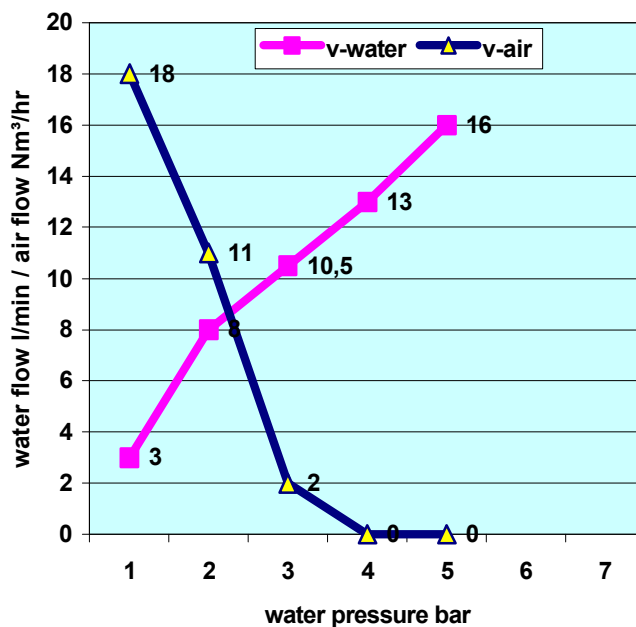


Fig. 4: Relação ar/água do bico 11/90-40-40, p-água 1,0 a 5,5 bar, p-ar 2 bar constante.

Tal como esperado, a queda do HTC acima de 4 bar de pressão, pode ser diretamente atribuído ao bico 11/90-40-40 que não consome mais ar comprimido acima dos 4 bar de pressão de água. A instalação de um moderno bico tipo 100.259, proporciona um volume de ar requerido para o resfriamento efetivo também à pressão máxima de 5,5 bar neste caso. Isso implica numa operação estável e na eliminação do rompimento do veio, principalmente nos meses de verão, quando a temperatura da água é significativamente mais elevada. Esse bico foi especialmente desenvolvido para atingir o mais alto HTC, na maior pressão de 5,5 bar.

Os valores HTC de um bico ar/água que trabalha sem suficiente ar comprimido, tem menor valor de HTC que um bico somente de água, por ter menor força de impacto. Esta é uma importante consideração especialmente para superfícies com temperaturas acima dos 650 C°, pelo fenômeno denominado Leidenfrost.

Modernos bicos ar/água também contribuem na redução de investimentos e custos operacionais com ar comprimido e sistemas de controle de ar. Não se pode tolerar mais os elevados volumes e altos custos de ar comprimido consumido por bicos de gerações anteriores, conforme mostrado na figura 5.

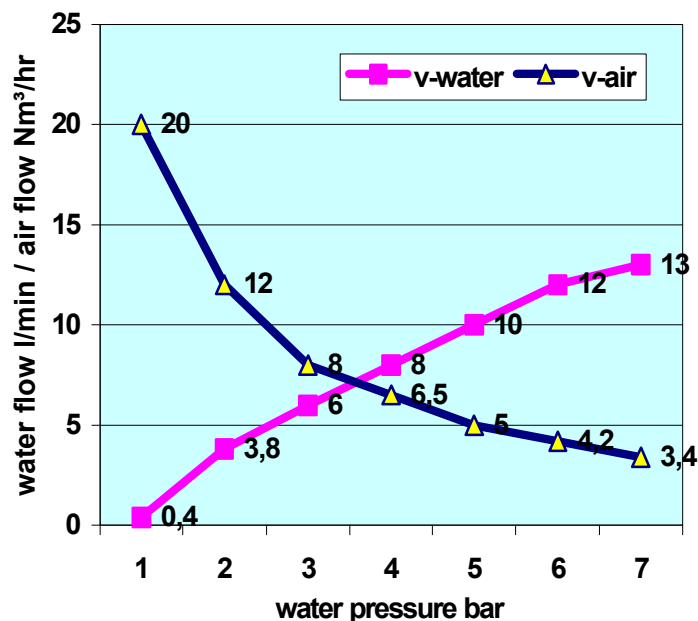


Fig. 5: Velha geração de bicos 148.618, p-água 0,5 a 7bara, p-ar 2bars constante.

Esse alto consumo de ar é a razão pela qual se controla a pressão de ar comprimido versus o fluxo de água nos lingotamentos de alguns fabricantes. Em algumas máquina de lingotamento contínuo ao reduzir a velocidade de lingotamento, se reduz a pressão de ar juntamente com a redução de vazão e pressão da água até 1 bar. Não é necessário ressaltar que, um controle em separado de ar comprimido, aumenta os custos da máquina e de manutenção, além de apresentar uma possível falha adicional no sistema. Um controle de pressão de ar reduz a relação de regulação por trabalhar com o princípio de mistura interna dentro do bico. Os mais novos lingotamentos na Europa, Estados Unidos e Ásia, instaladas pelos construtores líderes, utilizam bicos ar/água com um consumo de ar reduzido em toda a relação de regulação, mantendo a relação adequada de ar/água inclusive na pressão e vazão máxima de água para as altas velocidades de lingotamento. (ver Figura 6).

As características técnicas destes bicos faz com que o controle de ar se torne obsoleto. Uma relação típica e mínima de ar/água (ar em Nm³/hr : l/min de água) a uma velocidade máxima de lingotamento, é de 0,7 a 1,00, mas nunca menor que 0,5.

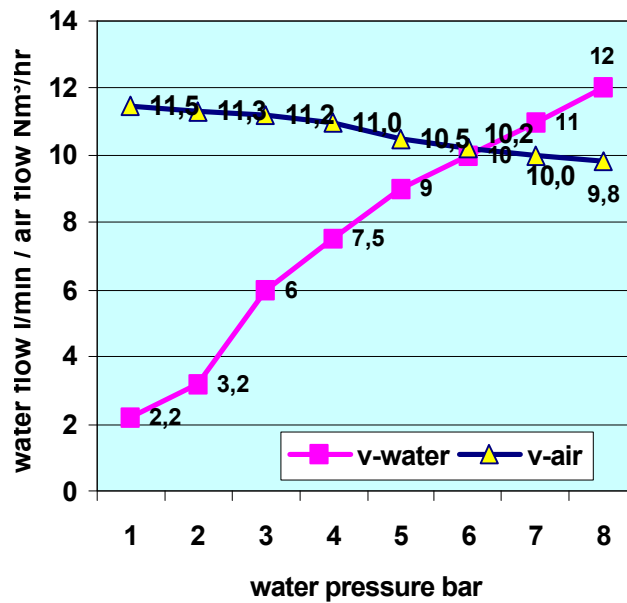


Fig. 6: Diagrama da relação ar/água para o bico 1PM.013.16.16, p-água 0,5bar a 7,0 bar, p-ar 2,0bar constante

### RELAÇÃO DE REGULAGEM DA ÁGUA

Variações na velocidade de lingotamento são condições normais no início de operação de lingotamento, com a troca da panela ou do distribuidor ou pelo mix de produtos ( diferentes aços ou dimensões de produtos a serem lingotados), que requerem uma certa relação de regulagem da água. Outra forma de definir a relação de regulagem de água é através da faixa ou espectro de controle (máxima vazão de água dividido pela mínima vazão de água). Quer dizer, a mínima e máxima vazão de água definida pelo espectro de pressão dado pelo bico. Também é importante definir a pressão ou pressões de ar, e se este ar será constante ou variável. É desejável que os bicos ar/água tenham um amplo espectro de regulagem de água para manter a variedade de bicos numa máquina de lingotamento num mínimo possível. As áreas de manutenção e de compras apreciarão estes esforços e serão beneficiadas diretamente.

Últimas pesquisas e desenvolvimentos permitiram desenvolver geometrias com uma relação de regulagem de água muito mais ampla e com um menor consumo de ar. Na figura 7 vemos o diagrama de um bico código 1PM.013.16.17 que tem uma relação de regulagem de água de 1:23 a uma pressão de ar constante de 2,5 bar. Para tal, temos uma pressão de água mínima de 0,5 bar até um máximo de 7 bar. Esta regulagem é aproximadamente 2 a 3 vezes maior se comparada com bicos comuns.

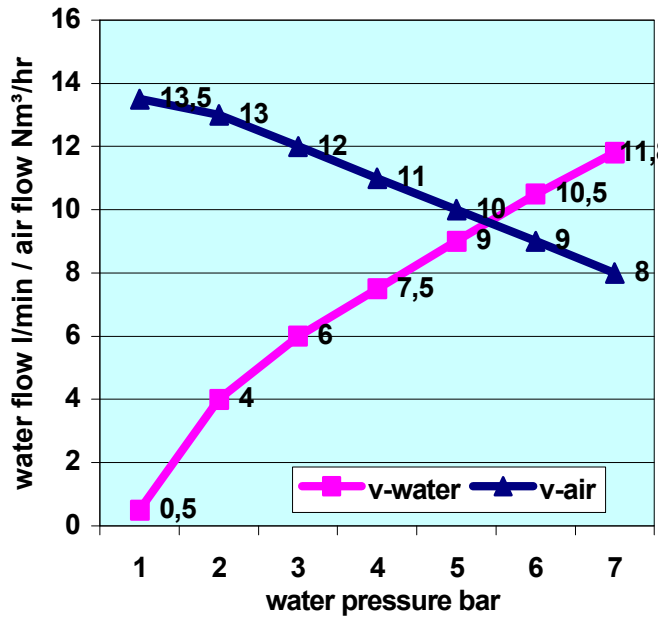


Fig.7: Bico tipo 1PM.013.16.17, p-água 0,5 a 7 bar, p-ar 2,5 bar constante

### DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Uma vez terminado o layout do sistema secundário de resfriamento, assim como os desenhos mecânicos dos segmentos, o fabricante de bicos é requisitado a desenhar e fabricar bicos com uma distribuição de água uniforme por toda a largura da máquina de lingotamento e durante todo o espectro de regulagem. Hoje é possível alcançar tolerâncias de +/- 15 % do valor médio com uma combinação de vários bicos e pressões que variam de 1 a 7 bar de pressão.

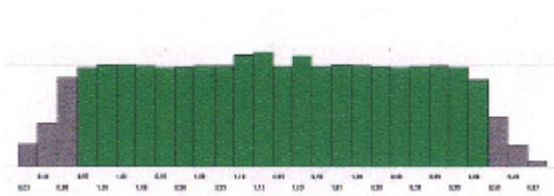


Fig.8

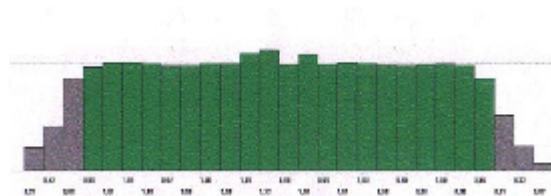


Fig.9

As figuras 8 e 9 mostram a medição de distribuição de água de 2 bicos código 1PM.013.16.16. A distância entre bicos é de 400mm, a altura de 200mm e a pressão de ar constante em 2 bar para ambos os casos. A figura 8 mostra a medição a 1 bar de pressão de água, enquanto que a figura 9 mostra a medição a 7 bar de pressão de água. A diferença máxima para cima é de 13,9% e para baixo 11,2% do valor médio. A largura do spray permanece constante a 1300mm, o que é outro aspecto positivo da moderna tecnologia de bicos ar/água.

Para alcançar a relação de regulagem desejada, é comum a utilização de pressões mínimas de 0,5 bar. A estas baixas pressões se reduz a largura do spray, o que resulta numa densidade de água menor na área de sobreposição dos sprays. Essa diferença na distribuição da água pode variar até uns 50% do valor médio. Isso nos levou a analisar mais intensivamente os valores de HTC focando a área de sobreposição a baixas pressões. Os bicos se posicionaram numa linha a 0° off set como mostra a figura 10.

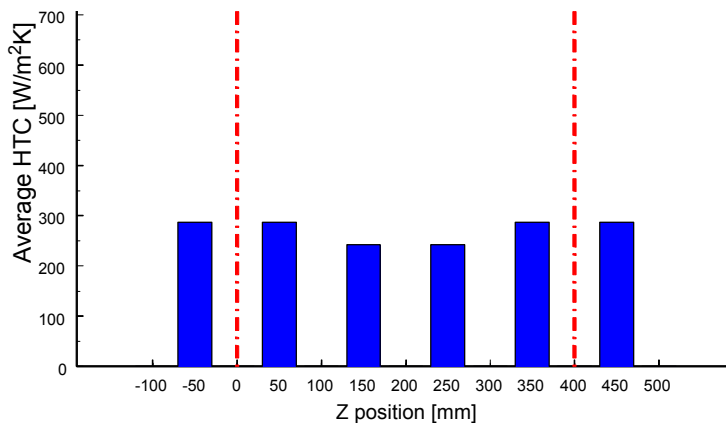


Fig. 10: Posicionamento dos bicos mostrando as sobreposições do spray e a área de impacto.



A medição da performance de dois bicos ar/água nos eixos Z posição 0 e 400mm a 0,5 bar de pressão de água e 2 bar de pressão de ar confirmam um baixo HTC, mas também mostram surpreendentemente só uma pequena diminuição do HTC na área de recobrimento (posição 200mm no eixo Z) que se vê na figura 11. Tanto é assim que na teoria e na prática não se notaram defeitos em produtos lingotados em instalações existentes.

Fig. 11:  
Medições de  
HTC de 2 bicos  
1PM.013.16.16,  
p-água 0,5 bar,  
p-ar 2,0 bar  
constante,  
distância entre  
bicos = 400mm,  
altura = 200mm



Estreitas tolerâncias na distribuição de água contribuem para minimizar trincas transversais e nas bordas. Pelo efeito convergente que é inerente dos sprays e a influência que a relação ar/água tem sobre o spray, não se pode usar mais como critério único os ângulos de spray para determinar os bicos. O fabricante de bicos tem a responsabilidade pela uniformidade e distribuição da água por toda a largura do tarugo ou placa. As especificações tem de ser definidas para cada máquina devido a suas diferentes condições limites de operação.

### NOVOS MÉTODOS DE MONTAGEM PARA BICOS E DESENHOS DE TUBULAÇÃO

Por ter a mistura realizada internamente, bicos ar/água requerem duas tubulações separadas, uma para alimentação do ar comprimido e outra para a água. Até pouco tempo atrás usavam-se tubos de pequeno diâmetro para levar a água e o ar até o bico e para fixá-lo em sua posição. Somente em alguns casos, quando um dos fluidos se transportava por mangueira, se instalavam suportes especiais para fixar os bicos. Bicos tradicionais ar/água eram montados em tubos de pequeno diâmetro que ficavam escondidos no interior do segmento como mostra a figura 12.



Fig. 12: Bicos ar/água alimentados e fixados por tubos finos e longos.





bico automaticamente alinhado. A posição da ponta do bico está, dessa forma, garantida e permite uma alimentação de fluidos sem a utilização de mangueiras.

Para manter os bicos de comprimento idêntico em cada segmento, fixam-se os bicos em placas de adaptação feitas sob medida para compensar o raio de curvatura da máquina, figura 15.

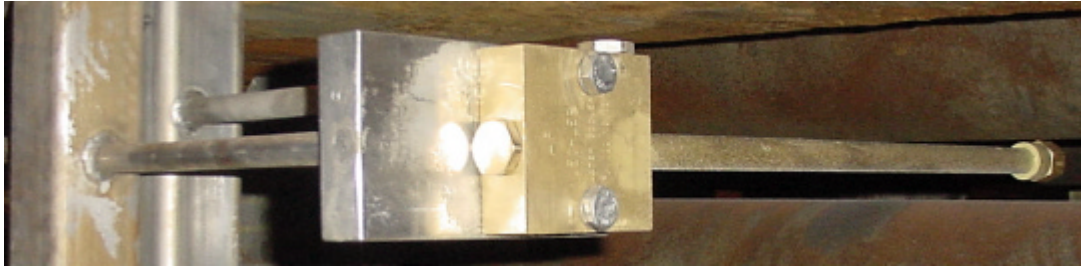


Fig. 15: Bico ar/água com placa vertical de conexão e placa de adaptação.(SGA1,Salzgitter/Germany)

Fica muito mais fácil fazer um posicionamento alternado e descentralizado dos bicos entre os rolos num segmento, a partir de uma tubulação de ar /água. Essa alternância e descentralização dos bicos spray, é um dos métodos para equalizar a distribuição de água ao longo do lingotamento, com a intenção de eliminar defeitos superficiais e trincas. A figura 16 mostra um desenho com o bico esquerdo e direito instalados num mesmo plano entre os rolos, enquanto que o bico no centro está num plano anterior ou posterior aos rolos.

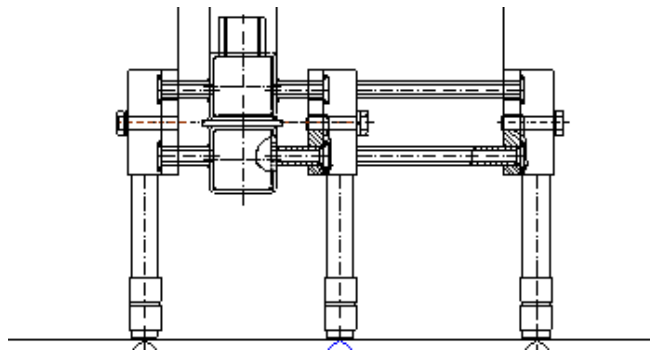


Fig. 16: Bicos alternados montados num só tubo.

Devido à montagem dos bicos ficar na parte traseira do segmento, pode ser comum que os bicos tenham um comprimento de 1.000mm ou mais.

Um rompimento do lingotamento (break out) pode provocar a destruição total de um grande número de bicos. Por essa razão, é recomendável a instalação de bicos com a tubulação bipartida como mostra a figura 17, cuja versão permite separar a parte frontal que contém o tubo e a ponta do bico. A placa de fixação vertical e o resto do tubo podem ficar, dessa forma, intactos e protegidos. A posição da junção entre as duas partes do tubo pode ser feita conforme os requisitos do projeto. O próprio sistema de auto alinhamento que temos para a ponta do bico garante o alinhamento e a correta posição da tubulação e posição final dos bicos, Fig.18.

Temos nesse sistema um enorme potencial para economizar peças de reposição, principalmente tratando-se de segmentos próximos ao molde.

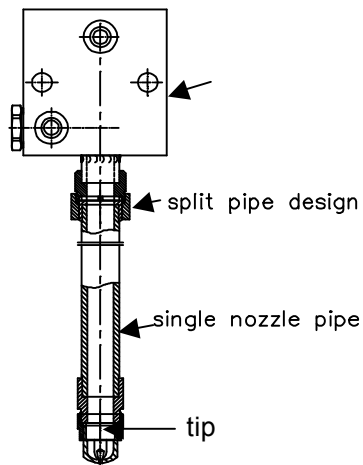


Fig. 17: Bico ar/água “seccionada”

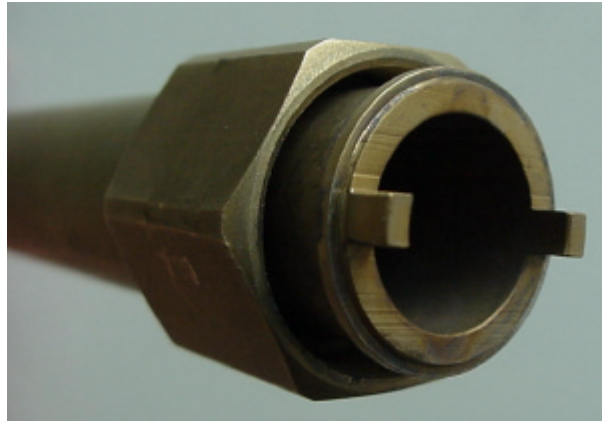


Fig. 18: Guia para alinhamento do bico e tubo

A mistura do ar comprimido com a água ocorre longe da região de calor intenso, no interior da câmara de mistura, que se encontra na placa de fixação vertical. Dessa forma, um tubo sem nenhuma restrição de diâmetro, alimenta a ponta do bico por onde é feita a distribuição dos fluidos.

Esse método de fixação e os tipos de bicos acima mencionados, são também ideais para as máquinas de lingotamento de perfis (blanks), com bicos ar/água.

Ao invés de 3 pequenos tubos dobrados e um distribuidor de fluidos, se fazem necessários somente 2 tubos quadrados, um para o ar e outro para a água, onde são fixados os bicos. As vantagens descritas anteriormente também se aplicam no caso de lingotamento de perfis.

Os tubos de extensão, dobrados e bipartidos, são projetados de tal forma que podem ser intercambiáveis, com giro de 180°, como mostra a Fig.19

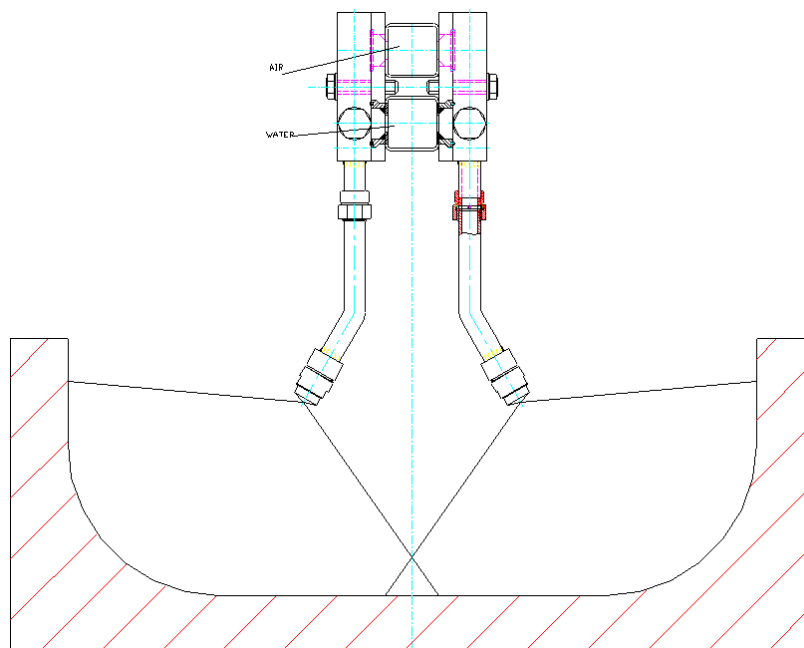


Fig. 19: Bico ar/água com placa de conexão vertical para perfis.



Fig . 10: Square pipe headers carrying Master Cooler SMART type air mist nozzles at HKM/Germany SMS-Demag 2-strand slab caster

## MANUTENÇÃO E COMPONENTES MODULARES DOS BICOS

Como os bicos são montados bem próximos da superfície de lingotamento, para a execução da manutenção (limpeza e ajuste), torna-se necessário a retirada dos segmentos. Além disso, os bicos ar/água são mais difíceis de limpar, devido à sua geometria interna. Máquinas de Lingotamento modernas, apresentam muitas vezes um controle específico de resfriamento das bordas, necessitando de bicos com tubos dobrados, para cumprir essa função.

Como consequência, são necessários muitos tipos de bicos diferentes para cada zona da máquina, com estoques de diferentes tipos de bicos no almoxarifado.

Em caso de rompimento do veio (break out), a troca completa dos bicos representa um custo de manutenção muito elevado. Dessa forma, a LECHLER desenvolveu um novo conceito de bico ar/água, com uma câmara de mistura na forma de um cartucho (cartridge) e um tubo bipartido, objetivando deixar as partes mais caras do bico, longe da região normalmente afetada pelo rompimento de veio. A câmara de mistura agora não está mais no corpo do bico, mas na parte superior integrada ao conjunto bico/tubo de extensão bipartido.

Esse sistema permite a retirada do cartucho pela parte superior do conjunto, permitindo uma manutenção "on-line", quando os bicos puderem ser acessados dentro da câmara de resfriamento (ver figuras 11 e 12).

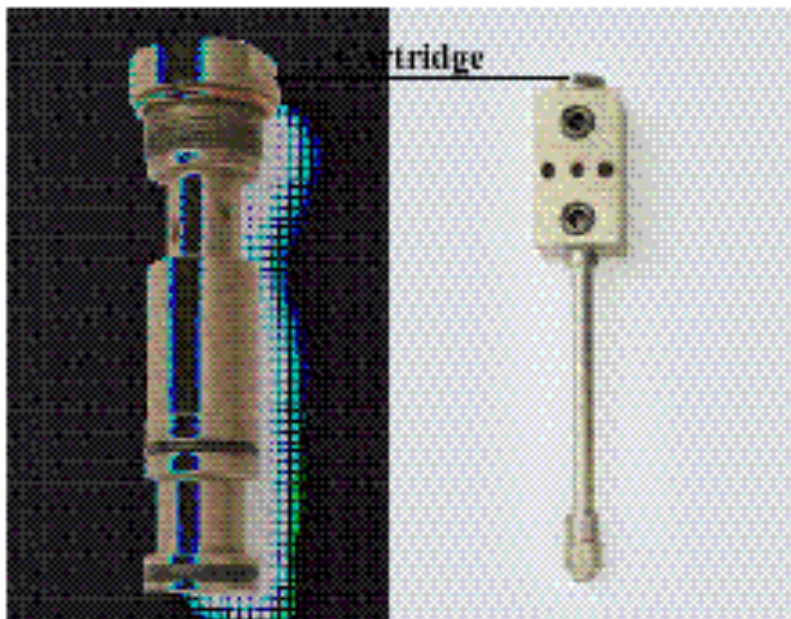


Fig. 11: Cartridge

Fig 12 : MasterCoolerSMART  
Cartridge complete  
nozzle

A versão do tubo bipartido que liga a placa de fixação/alimentação ao bico é um novo padrão do bico Master Cooler SMART Cartridge.

Essa nova concepção de bico permite que se tenha um sistema totalmente modular e intercambiável. Com exceção das pontas dos bicos, os demais componentes poderão ser intercambiáveis, o que torna os custos de manutenção bem baixos, inclusive a necessidade de peças em estoque.

A ponta do tubo pode permanecer fixado no tubo de extensão, enquanto um sistema de auto-alinhamento, pode alinhar os tubos de extensão nas posições corretas.

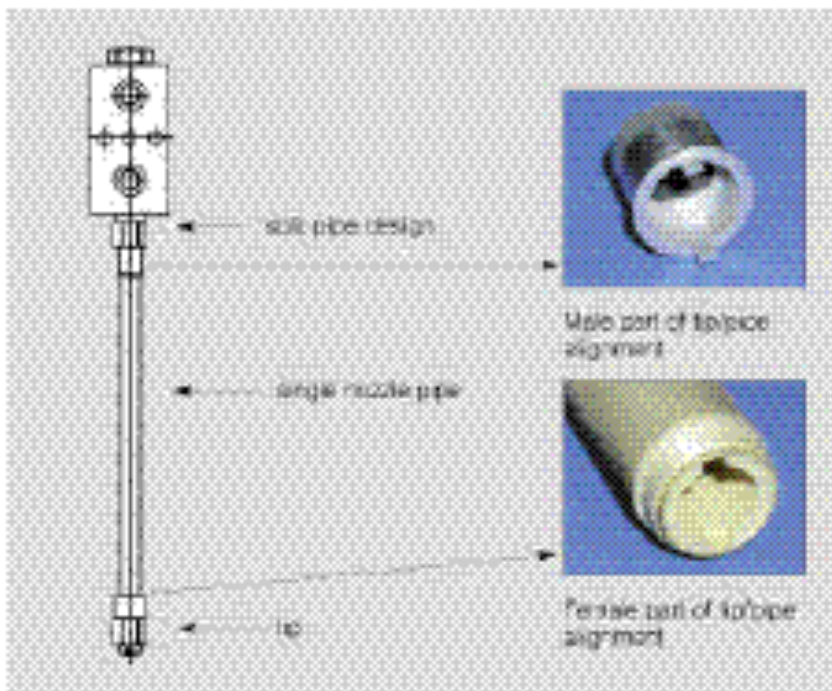


Fig. 13: MasterCooler SMART Cartridge tip and pipe self  
alignment



Em ambos os tipos de bicos - Master Cooler SMART e Master Cooler SMART Cartridge, - a mistura de ar comprimido e água, ocorre em uma câmara de mistura longe da região mais aquecida do bico. Essa câmara está fixada em uma placa de fixação que recebe o ar e água, através de uma tubulação de seção quadrada. Dessa forma somete o tubo de extensão, que liga a câmara de mistura à ponta do bico, passa entre os rolos da Máquina de Lingotamento.

## NOVOS BICO AR/ÁGUA PARA TARUGOS E BLOCOS

Quando se demanda bicos ar/água para resfriamento secundário de tarugos e blocos, nem sempre a melhor opção são bicos de jato plano (leque). Pode-se comprovar isso, quando do eventual aparecimento de trincas na superfície do tarugo, causados pelo reaquecimento do mesmo, através do calor que emana do núcleo para a superfície do tarugo. Isso acontece algumas vezes depois do tarugo passar por uma zona de resfriamento por névoa (resfriamento fino e intenso), com bicos em jato plano.

Durante o processo de reaquecimento a superfície se expande, causando tensões superficiais que se traduzem nas trincas. A utilização de bicos com jato plano (leque) podem intensificar esse efeito. Bicos do tipo cone cheio provocam um resfriamento mais suave e sobre uma maior superfície.

Estas condições são comuns para os bicos cone cheio que trabalham somente com água em sistemas de resfriamento secundário. Infelizmente até o momento, não era possível a definição de um modelo de bico cone cheio - redondo ou oval - que pudesse ser aplicado a um bico do tipo ar/água, pois os mesmos apresentavam uma performance instável, altos consumos de ar e uma tendência de entupimento. Bicos de cone cheio com perfil oval são, muitas vezes, bicos de jato plano com múltiplos orifícios. A distribuição de água nesses bicos não é uniforme, além dos orifícios terem também uma tendência ao entupimento.

Foi desenvolvida então uma nova geração de bicos de cone cheio - redondo e oval - que pudessem trabalhar sob o regime ar/água, possíveis de serem instalados em máquinas de lingotamento de tarugos e blocos, e com as mesmas características dos bicos ar/água já utilizados em máquinas de lingotamento de placas. O projeto e design compactos, em forma de bloco, permite a montagem tanto em anéis como em bananas verticais utilizadas nas máquinas de lingotamento de tarugos e blocos (ver figura 20).



Fig. 20: Novo bico do tipo ar/água, cone cheio redondo ou oval

Uma ampla gama de regulação pode ser aplicada à esse bico - até 1 : 14 - com pressões de água de 1 bar a 10 bar e com 2 bar de pressão de ar constante ângulos nominais entre 60 e 90°. A máxima cobertura para o cone oval é de 90° x 60°. Esses bicos podem ser instalados horizontalmente para resfriamento de blocos ou verticalmente para resfriamento de tarugos.

A menor seção reta desse bico tem cerca de 2.0 mm e é aproximadamente 3 vezes maior que bicos tradicionais do tipo ar/água, com vazões similares de 0,5 l/min a 1 bar de pressão de água e 5,0 l/min a 7 bar de pressão de água e uma pressão de ar constante de 2 bar.

Problemas sérios de resfriamento foram resolvidos com sucesso em uma máquina de 5 veios, lingotando aços inoxidáveis, com dimensão máxima de seção de 230 mm.

Com um programa especialmente desenvolvido pela LECHLER para tais bicos, é possível representar a distribuição de água conforme apresentado nas Fig. 21 e 22.

As figuras foram construídas com base em medições reais de distribuição de água. O diagrama tridimensional na Fig.23, mostra as força de impacto e a distribuição de água. Para bicos com larguras de spray menores que 50 mm, esse método é muito mais exato que o método comum de coleta de água em canaletas e em tubos de ensaio.

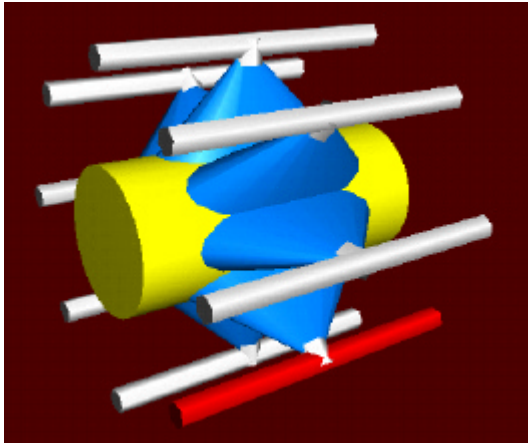


Fig. 21: Distribuição em um bico de cone cheio oval sobre tarugo redondo

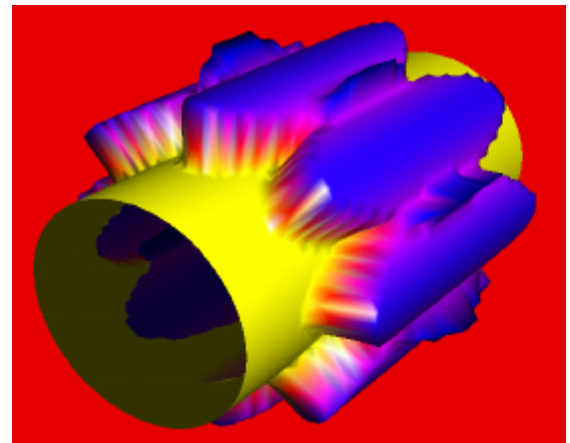


Fig.22: Simulação de distribuição tridimensional de água de um bico cone cheio oval sobre um tarugo redondo.

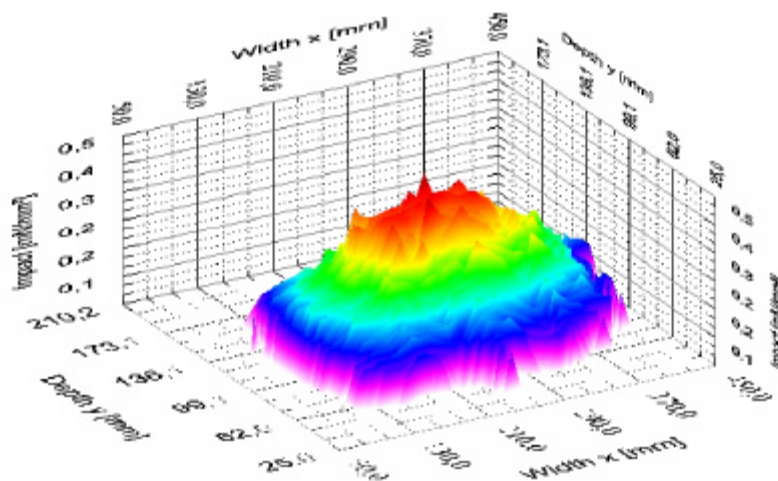


Fig. 23: Gráfico de Medição 3D da força de impacto em baixa pressão de um bico de cone cheio oval. Largura X, Comprimento Y e Impacto Z



## SUMARIO

Os benefícios para os usuários e para os fabricantes de MLC nesse trabalho são casos verídicos e comprovados.

Os mais importantes são:

- Redução dos defeitos superficiais e da incidência de trincas;
- Redução dos custos operacionais e de manutenção;
- Aumento da segurança operacional;
- Ampliação do mix de produtos lingotados.

Os modernos bicos de tecnologia ar/água e as tubulações de seção quadrada apresentadas, podem ser instaladas em máquinas novas existentes, para ligotamento de placas, blocos, tarugos e de perfis (near net blanks).

## Referências

- (1) Lothar Bendig, Dr. M. Raudensky, Dr. J. Horsky “Heat Transfer of Twin Fluid Nozzles for Continuous Casting at Different Test Conditions” at the 13<sup>th</sup> International Conference on Liquid Atomisation and Spray Systems on July 9-11, 1007 in Florence / Italy by the Institute for Liquid Atomisation and Spray Systems ILASS Europe.
- (2) Jürgen Frick, Roman Haap “Improved Secondary Cooling in Continuous Casting” at Brazil XXXII Seminario de Fusao, Refino e Solidificacao dos Metais on May 7<sup>th</sup> & 8<sup>th</sup>, 2001 in Salvador / Brasil.
- (3) Jürgen Frick “User benefits of modern air mist nozzle and secondary cooling technology” at 85<sup>th</sup> Steelmaking Conference, March 10-13, 2002 Nashville, Tennessee/USA.