

Processo de Decoração 'Full Digital' com Esmaltação a Seco

A. Bresciani^a, C. Ricci^{a*}

^a *Società Anonima Cooperativa Meccanici Imola - SACMI, Imola, Bolonha, Itália*

**e-mail: andrea.bresciani@sacmi.it*

Resumo

O desenvolvimento das tecnologias de decoração digital revolucionou o processo de produção de placas cerâmicas, com melhora na qualidade gráfica dos produtos acabados, e com possibilidade de otimização da gestão operacional e do layout das linhas de esmaltação. Com relação à decoração, é evidente em todo o mundo o potencial gráfico da impressão jato de tinta, desde o fácil design de novos produtos, até a constância da qualidade obtida. Em relação à configuração das linhas de esmaltação e decoração, houve uma simplificação em relação à complexidade do passado, embora, na maioria dos casos, não houve uma transformação radical sob a ótica da Indústria 4.0, pois foi feita uma substituição simples das máquinas analógicas pelas digitais. Esta renovação parcial implica em uma coexistência das aplicações tradicionais, baseadas em esmaltes convencionais em suspensões aquosas e seus dispositivos de dosagem analógicos (cabines de disco, dispositivos de aplicação por véu, sistemas 'airless'), e sistemas digitais de última geração para decoração com elevada definição e esmaltação por tintas e fritas à base de solventes orgânicos. Desta forma, este estudo examina uma nova solução de engenharia que tem a finalidade de simplificar o processo de decoração por meio da combinação de esmaltação a seco e tecnologias de decoração digital, eliminando a necessidade de uma linha de esmaltação convencional baseada em aplicações de esmaltes em suspensões aquosas. O novo processo de decoração é interessante para a produção de placas grandes de porcelanato pela tecnologia Continua+[®], com formatos de 3 m ou mais, pois é composto pelas seguintes fases: 1. Deposição, sobre esteira transportadora, de uma primeira camada de pó atomizado de base; 2. Aplicação de uma segunda camada de pó atomizado de alto valor agregado, composto por engobe ou esmalte ou composição cerâmica de queima branca; 3. Formato contínuo; 4. Impressão digital da decoração, em alta resolução, por jato de tinta; 5. Impressão digital de fritas protetivas e granilhas; 6. Secagem e queima. Para otimizar este processo foi necessário estudar os fatores tecnológicos que permitiriam obter boa planaridade do produto acabado e, assim, a possibilidade de gerir a produção de grandes formatos com grande valor agregado. Graças à integração de esmaltação a seco com sucessivas decorações digitais de elevada definição, o novo processo é de interesse industrial para criar uma linha 'full digital' compacta, com maior simplicidade técnica e de gestão em comparação com a esmaltação tradicional, com menor impacto ambiental em relação à esmaltação digital que utiliza elevada quantidade de aditivos orgânicos.

Palavras-chave: esmaltação a seco, 'full digital', grandes formatos.

1. Introdução

Embora as primeiras tentativas de decoração digital remontem à década de 1980, a impressão jato de tinta levou duas décadas para ser utilizada no mercado de máquinas industriais [1]. Após alguns anos iniciais, com poucas máquinas instaladas e dificuldades de obtenção de pigmentos adequados para a tecnologia cerâmica, a impressão digital se difundiu progressivamente no mercado, primeiro na Europa (Espanha e Itália inicialmente) e depois no resto do mundo. A Figura 1 mostra o comportamento de venda de máquinas de impressão digital a partir do ano 2000, quando foi introduzida no mercado a primeira máquina de impressão por jato de tinta com tintas adequadas para o ciclo cerâmico de produção (Ferro Kerajet) [1-3].

Como se observa no diagrama da Figura 1, a tecnologia digital levou uma década antes de sua difusão em massa [4,5]. Atualmente a sua difusão sobre o total de linhas de produção, no mundo, supera 75% e tende a aumentar, ainda

que com ritmo inferior em comparação com os primeiros anos da década de 2010. Na Espanha e Itália este valor é muito maior, com mais de 95% das linhas já convertidas à nova tecnologia. O desenvolvimento tão repentino das tecnologias de decoração digital, em comparação aos setores industriais próximos ao cerâmico, revolucionou o processo produtivo de placas. Gradualmente houve o benefício de algumas vantagens típicas das técnicas digitais, por exemplo: Resolução muito elevada (impressão de qualidade fotográfica); impressão sem contato (até a borda e sobre relevos); ausência de meios físicos de impressão (telas, rolos, associados a cada decoração); possibilidade de variar os gráficos sem paradas; estabilidade de tom e constância de qualidade; flexibilidade do lote de produção.

Com relação ao setor de esmaltação, a impressão digital também introduziu uma simplificação evidente em comparação com a complexidade do passado, quando

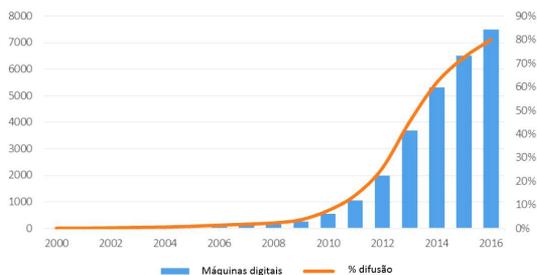


Figura 1. Comportamento das vendas mundiais de máquinas digitais cerâmicas desde 2000 e difusão em % sobre o total das linhas de produção.



Figura 2. Típico setor de decoração com tecnologia tradicional.

a decoração era obtida por superposição (por contato) de numerosas aplicações (até mais de 10) de esmaltes e materiais decorativos, por meio de máquinas de aplicação serigráfica (planas ou rotativas) ou por decoração de rolo de silicone gravado (Rotocolor®). Ao final dos anos 1990 não era raro encontrar linhas de decoração com 100 metros de comprimento ou mais, com dezenas de máquinas para aplicação. A Figura 2 representa uma vista típica deste setor de decoração e esmaltação, com várias linhas paralelas e com grande utilização da área de produção.

Apesar da consolidação objetiva da tecnologia digital, até o momento não houve uma transformação radical dos setores de decoração, mas simplesmente a substituição das máquinas analógicas pelas digitais. Esta renovação parcial resulta na coexistência de aplicações tradicionais, tipicamente baseadas em esmaltes convencionais em suspensão aquosa e seus dispositivos analógicos de dosagem (cabines de disco, dispositivos de aplicação de véu de esmalte, cabines ‘airless’), e sistemas digitais de última geração para decoração de elevada definição e esmaltação por tintas e fritas à base de solventes orgânicos.

Portanto, este estudo apresenta uma nova solução de engenharia, chamada de ‘full digital’, que tem a finalidade de simplificar o processo de decoração por meio da combinação de esmaltação a seco e tecnologias de decoração digital, eliminando a necessidade de uma linha de esmaltação convencional, baseada em aplicações de esmaltes em suspensão aquosa. Este novo método de trabalho permite: Linha de decoração mais curta, com

economia da área coberta de decoração; eliminação das incompatibilidades físico-químicas entre esmaltes à base de água e de solvente; aumento da qualidade da decoração; redução geral dos custos.

Naturalmente é necessário otimizar os materiais a serem aplicados, em particular os de fase seca, combinando-os com as características das composições e garantindo a mesma qualidade superficial e cromática durante as sucessivas aplicações digitais de tintas e esmaltes de acabamento. Deve-se prestar atenção no controle dos custos, ou seja, aplicação de materiais em forma seca na quantidade mínima necessária para cobrir a superfície da placa crua, sem excessos antieconômicos. Isto pode ser obtido por meio de um controle perfeito dos sistemas de dosagem e distribuição do pó que constitui a camada nobre.

O processo de decoração ‘full digital’ proposto é mais interessante se adotado para a produção de placas grandes de grés porcelanato em linhas equipadas com a tecnologia de conformação Continua+®, que é utilizada para a produção de formatos maiores que 3 metros, com espessuras de 3 a 20 mm [6]. Estas placas representam um limite para as aplicações tradicionais a úmido, devido suas grandes dimensões (principalmente transversais). A aplicação de uma cortina de esmalte líquido, sistema consolidado para formatos médio-pequenos, torna-se uma atividade crítica quando a peça tem mais de 1 metro de largura.

A linha de conformação contínua é mostrada na Figura 3, com uma de suas possíveis configurações, e permite formar placas de grés porcelanato a partir de pó atomizado convencional, dispostas sobre uma esteira inferior de aço que passa à velocidade constante sob uma série de dispositivos de aplicação de controle digital, até chegar à verdadeira estação de compactação, que compacta progressivamente o tapete de pó por uma esteira superior de aço que realizada a conformação final. Em seguida as placas estão prontas para as etapas seguintes de secagem e queima.

O novo processo de decoração ‘full digital’ é composto pelas seguintes fases: 1) deposição, sobre esteira de transporte, de uma primeira camada de pó atomizado de base; 2) aplicação de uma segunda camada de pó atomizado de elevado valor agregado, composto por um esmalte ou engobe ou outra composição cerâmica de queima branca; 3) conformação contínua; 4) impressão digital da decoração, de elevada resolução, com jato de tinta; 5) impressão digital de fritas protetoras (protetivas) e granilhas; 6) secagem e queima. Como se pode constatar, o processo inteiro, sem adição de água, permite acabar o produto sobre uma linha muito compacta, apesar das grandes dimensões do formato final da placa, com produção de até 14 mil m²/dia.

Outro benefício, devido à esmaltação de fundo realizada com pó atomizado, portanto, sem utilizar água, é a impressão por jato de tinta sobre a superfície fria, em temperatura ambiente e sem vapores, pois as placas não são secas antes da decoração. Deste modo são evitados fenômenos de condensação de vapor de água, que dificultam a impressão com máquinas jato de tinta para

cerâmica, resultando em maior qualidade de impressão, menor necessidade de assistência e maior produtividade.

Para evitar a aplicação de quantidades excessivas de uma segunda camada mais nobre, portanto antieconômicas, a deposição do esmalte seco é realizada por meio de equipamentos de dosagem com controle digital, conforme Figura 4. A dosagem meticulosa é garantida por uma série de lâminas adjacentes independentes, cada uma controlada eletronicamente, que alimentam uma pequena quantidade de pó atomizado em função do motivo gráfico que está sendo usado.

Deste modo é possível aplicar quantidades muito precisas e controladas de esmalte/engobe, desde 0,5 até 2 mm de espessura final. Por exemplo, a Figura 5 (à esquerda) representa o detalhe de uma amostra crua obtida por esta técnica. Como se pode ver, a espessura do esmalte/engobe superior é constante. A imagem da direita é uma microfotografia da seção transversal da amostra depois da queima. Observa-se que é totalmente

homogênea, com compacidade e integração das camadas. Além disto, a superfície da placa conformada é muito lisa, quase especular, sendo uma das características peculiares da tecnologia de compactação contínua, isto graças ao acabamento superficial da esteira de compactação, em aço inoxidável de elevada dureza. Esta característica é interessante para otimizar as fases seguintes de decoração e acabamento digitais.

2. Procedimento Experimental

Para comprovar o novo processo de dupla carga, composto por uma primeira camada de pó atomizado base e por uma segunda camada de esmalte/engobe atomizados, foi necessário estudar os fatores tecnológicos que permitem obter uma boa planaridade do produto acabado. Este aspecto é fundamental para permitir a produção efetiva de grandes formatos esmaltados a seco. Foram estudadas duas composições para grês porcelanato esmaltado, P1 e P2,



Figura 3. Linha de compactação contínua.



Figura 4. Máquina de decoração digital a seco (esquerda); Detalhe da dosagem de pó (direita).

em combinação com seis composições de esmalte/engobe, E1 a E6. A Tabela 1 mostra os principais parâmetros tecnológicos das composições utilizadas. As células em cinza evidenciam os parâmetros mais importantes para a correta combinação com o esmalte/engobe.

Com relação aos esmaltes/engobes, foram examinadas composições formuladas tanto na Sacmi quanto em colaboração com diferentes fornecedores, cujos parâmetros tecnológicos são mostrados na Tabela 2.

A primeira característica desejada é uma boa conformação, sendo adequado um valor mínimo de módulo de ruptura a verde (MOR) de 0,6 N/mm², segundo a relação $MOR_{seco}/MOR_{verde} \geq 3$. Como se pode observar, todos os engobes utilizados durante o estudo mostram estas condições.

Outros parâmetros fundamentais dos esmaltes/engobes são a retração durante a sinterização, o coeficiente de expansão térmica e, naturalmente, o grau de alvura (L*).

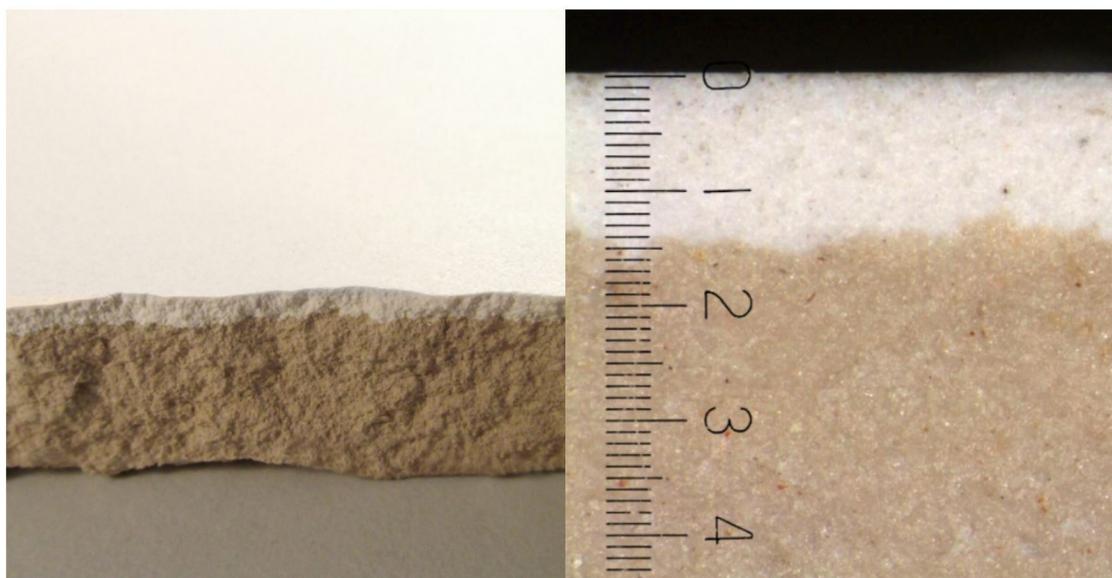


Figura 5. Detalhe da placa em dupla camada: Crua (esquerda); Microfotografia depois da queima (direita).

Tabela 1. Características tecnológicas das composições utilizadas.

Característica da composição	Unidade de medida	P1	P2
Módulo de ruptura a verde	N/mm ²	1,3	1,4
Módulo de ruptura a seco	N/mm ²	5,8	6,9
Retração máxima de queima	%	5,0	5,8
Absorção de água	%	0,3	0,1
Módulo de ruptura na queima	N/mm ²	59	66
Coeficiente de expansão α (30 a 400 °C)	10 ⁻⁷ /°C	77	75
Coeficiente de expansão α (30 a 650 °C)	10 ⁻⁷ /°C	91	82
Grau de alvura (L*)		61	72

Tabela 2. Características tecnológicas dos esmaltes/engobes utilizados.

Característica da composição	Unidade de medida	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Módulo de ruptura a verde	N/mm ²	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6
Módulo de ruptura a seco	N/mm ²	3,7	3,4	2,1	2,6	3,3	1,8
Retração máxima de queima	%	4,6	4,5	8,0	6,9	5,8	7,7
Absorção de água	%	0,1	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1
Módulo de ruptura na queima	N/mm ²	59	62	77	70	61	53
Coeficiente de expansão α (30 a 400 °C)	10 ⁻⁷ /°C	76	75	75	72	70	65
Coeficiente de expansão α (30 a 650 °C)	10 ⁻⁷ /°C	86	86	87	82	79	70
Grau de alvura (L*)		92	92	91	91	91	89

Em seguida foram obtidas as peças esmaltadas a seco, combinando as composições P1 e P2 com os engobes mostrados na Tabela 2.

A tecnologia de conformação utilizada permitiu obter materiais de dupla carga com ótima qualidade, sem problemas de laminação ou de integridade estrutural. Os produtos esmaltados obtidos a seco, com formato a cru de 1.280×2.560×10,5 mm foram secos em um secador horizontal de ciclo rápido, e depois foram queimados em um forno a rolos com um ciclo de 120 minutos.

3. Resultados e Discussão

A avaliação principal, além de ausência de defeitos, consistiu na medição da planaridade, qualitativa, com os resultados obtidos mostrados na Tabela 3.

Como se pode observar, a maior parte das amostras apresenta uma tendência para a deformação/concavidade (-) e (--), com exceção das combinações P2/E4 ou P2/E5, planas (=) ou ligeiramente convexas (+), como solicitado. A razão destes comportamentos é dada por: Uniformidade da retração entre a composição de base e o esmalte/engobe; Coeficiente de expansão térmica da composição superior em relação ao engobe.

Portanto, se deduz que a composição P1, com retração mais baixa e coeficiente de expansão térmica elevado, não resulta em planaridade perfeita com os engobes

utilizados. Ao contrário, a composição P2 combina bem tanto com o esmalte/engobe E4 (retração um pouco mais elevada, mas coeficiente um pouco inferior), como com o esmalte/engobe E5 (retração similar e coeficiente um pouco inferior).

Isto evidencia claramente que, adequando-se as características tecnológicas dos esmaltes/engobes em função das composições de produção, podem ser obtidos produtos acabados de formatos grandes com ótima qualidade, tanto técnica quanto estética.

A Figura 6 mostra uma simulação FEM do comportamento dilatométrico de uma placa obtida pelo acoplamento da composição de base P2 com 9 mm de espessura com esmalte/engobe E5 com 1,5 mm, sendo a espessura a cru total de 10,5 mm. É medida a deformação fora do plano (eixo y) da placa depois da queima. A deformação foi ampliada para ser mais visível. A inflexão máxima na linha central é de 2,52 mm, valor aceitável, sobretudo tendo-se em conta o grande tamanho. Esta inflexão tende a anular-se durante a fase de colocação da placa, pela flexibilidade intrínseca da mesma.

A medição da planaridade é muito difícil no caso de formatos grandes, com lado superior a 90 cm. De fato, faltam métodos consolidados de medição e equipamento específico. Além disto, por seu próprio peso, as placas tendem a tomar a forma da superfície onde são colocadas, mascarando, as vezes de forma positiva, outras, negativa, o resultado de uma mesma medição. Portanto, uma medição cuidadosa da planaridade das placas grandes não pode prescindir de técnicas de medição sofisticadas (e caras) [7,8].

Desta forma, para completar a experimentação, foram produzidas placas na planta piloto do Centro de i+d da Sacmi Imola. As placas conformadas com dupla camada

Tabela 3. Avaliação qualitativa da planaridade dos produtos em dupla camada.

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
P1	-	-	--	--	-	--
P2	--	--	--	=	+	-

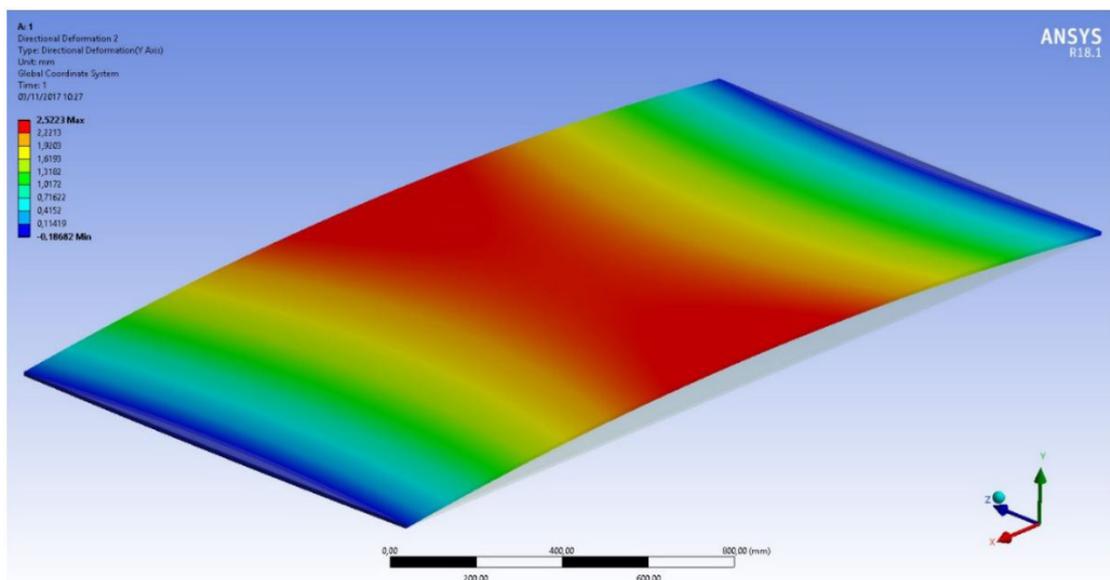


Figura 6. Simulação pelo método de elementos finitos (FEM) da deformação de uma placa otimizada.



Figura 7. Linha de decoração de formatos grandes no Centro i+d da Sacmi.

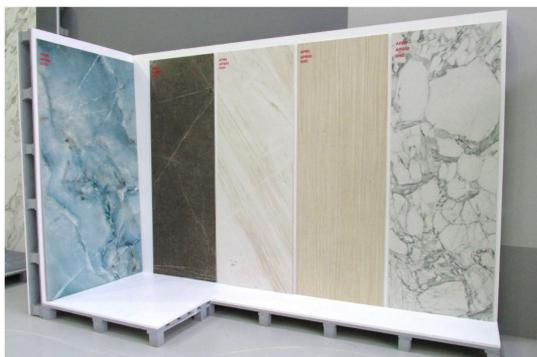


Figura 8. Placas 'full digital' em formato 1.200x2.400 mm e 800x2.400.

na linha de conformação contínua foram decoradas diretamente sobre o esmalte/engobe, aplicando-se tintas e fritas protetivas (brilhantes e mate) por meio de uma máquina de decoração digital de 8 barras, como mostrado na Figura 7.

Os materiais produzidos (Figura 8) no formato 1.200x2.400x10 mm, e sub formatos obtidos por corte, mostram o potencial real do processo de decoração 'full digital' proposto.

4. Conclusões

Comprovou-se experimentalmente um novo processo de decoração 'full digital' de placas cerâmicas de grés porcelanato, baseado na aplicação de esmalte/engobe atomizado durante a fase de formação de peça.

Foram examinados parâmetros tecnológicos que permitem realizar o acoplamento ideal entre o suporte cerâmico e o esmalte, necessário para se obter uma boa planaridade, especialmente no caso de peças de grandes dimensões.

Grças à integração de esmaltação a seco com sucessivas decorações digitais de elevada definição, o novo processo é de interesse industrial pois resulta em uma linha 'full digital' compacta, com maior simplicidade técnica e de gestão, se comparada com as plantas atuais, que apresentam sistemas de esmaltação tradicionais.

Deve-se destacar que a aplicação a seco de esmalte implica em menor impacto ambiental em relação à esmaltação digital, que utiliza dispersantes orgânicos empregados para decoração por jato de tinta.

Referências

- [1] V. Sanz Solana, "Inkjet printing technology for ceramic tile decoration", Qualicer 2014
- [2] I. Hutchings, "Ink-jet printing for the decoration of ceramic tiles: technology and opportunities", Qualicer 2010
- [3] A. De Carlo, "The digital revolution in tile decoration", Ceramic World Review 51, 2003, pp. 78-84
- [4] G.P. Crasta, "Boom in digital technology", Ceramic World Review 97, 2012, pp. 64-67
- [5] L. Baraldi, "World production and consumption of ceramic tiles", Ceramic World Review 123, 2017, pp. 56-70
- [6] A. Bresciani, C. Ricci, "Innovative process for ceramic tile manufacturing by double pressing with continuous precompaction", Qualicer 2004
- [7] G.M. Revel et al., "On-line deformation monitoring of thin ceramic tiles", Qualicer 2014
- [8] S. Fazio et al., "Nuovi strumenti per la misura delle lastre ceramiche", CER N.364, 2017, pp.50-52