

A Qualidade do estêncil serigráfico

O empresário das diversas indústrias da impressão não são exatamente "entusiasmados" para fazer o investimento em instrumentos. No caso da serigrafia, onde o custo inicial para configurar uma linha de produção é notadamente baixo, o investimento em instrumentos é quase nulo.

Uma exceção é o caso do tensiômetro, sem o qual a operação da esticagem fica muito inconsistente. mesmo empresas que não realizam a esticagem internamente, usam o tensiômetro como a forma de garantia da qualidade do fornecimento de telas. Mas o tensiômetro não é nosso tema de hoje.

Instrumentos são utilizados em várias circunstâncias na indústria:

- Permitir o controle do processo de produção, medindo as variações que podem ocorrer em função da estrutura e rotinas implantadas, e corrigindo estas variações durante a própria produção.
- Fazer o controle de qualidade, estabelecendo laudos para a situação e parâmetros específicos de um produto (seja o produto final ou seja a matéria-prima antes de entrar em produção).
- Tira-teima – auxiliar na negociação pré-venda e pós-venda para que esta venda seja fundamentada por especificações.

A diferença entre a primeira e a segunda circunstância é que a primeira envolve o que se chama calibração; conhecer o valor nominal dos parâmetros medidos é menos importante do que obter uniformidade e igualdade.

Na segunda precisa haver a aferição dos números obtidos.

Já um terceiro caso trata de estabelecer valores junto ao cliente, para não haver avaliação subjetiva na análise da qualidade quando da entrega do trabalho - mesmo que não estejamos falando de uma certificação como a ISO 9000.

Empresas que têm certificação ISO 9000 algumas vezes necessitam apresentar laudos com aferição de resultados dos seus instrumentos. Nos casos em que a aferição de um instrumento não seja disponível por uma entidade certificadora (por exemplo, o INMETRO ou alguma entidade internacional), a própria empresa pode desenvolver internamente um sistema para calibração e aferição do instrumento, segundo estabelecem as próprias regras da ISO-ABNT.

Entretanto, para um controle de processo que simplesmente visa a eliminar o trabalho estimativo, pode não ser necessário este protocolo documental dos valores nominais exatos, e daí instrumentos mais simples resolverão a questão. Muitos vêm a aquisição de um instrumento como um investimento que não tem como se pagar na empresa. Mas é um erro pensar num instrumento como se fosse máquina operatriz - o instrumento tem outra finalidade, conforme apresentamos aqui.

Mas, a serigrafia pode (ou deveria) contar com diversos outros instrumentos para garantir a consistência nos resultados. O que segue é um relato de um estudo apresentado em uma empresa, para quantificar os resultados da produção de matrizes serigráficas, usando emulsões líquidas, atendendo a dois aspectos

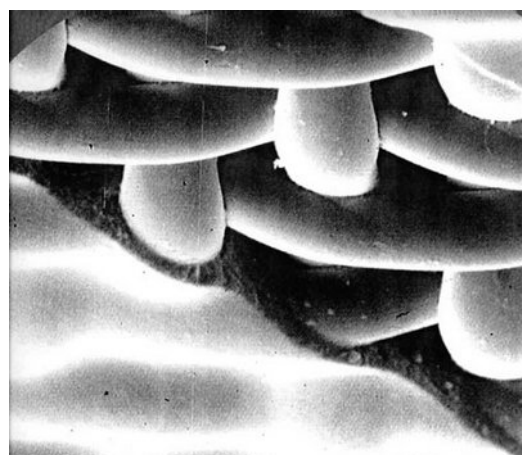
1. Obter um estêncil plano na face de contato ao impresso;
2. Obter a menor espessura de emulsão possível para reduzir variações nas cores de cromia.

Instrumentos têm que se pagar com a eliminação de custos de não conformidade e de custos de perdas de oportunidade.

Instrumentos podem ser usados pelo marketing da empresa para mostrar seriedade e agregar confiabilidade aos serviços oferecidos. Instrumentos se pagam, na medida em que a empresa passa a realmente controlar o processo de produção.

Instrumentos podem ser usados para evitar devoluções devidas a critérios indefinidos na especificação do serviço.

Os dois instrumentos necessários para os objetivos citados são, o medidor eletromagnético de espessura de filmes não condutivos e o rugosímetro. As boas práticas mencionadas na literatura técnica da serigrafia menciona a rugosidade de até 3 micra para estêncis em telas de 120 fios /cm. Entretanto, não se vê recomendações numéricas para espessuras de emulsão sobre os fios da tela - exceto que devem se manter no mínimo.



A espessura da emulsão

O primeiro usa um sensor e uma moeda metálica lisa, que enviam a informação a uma caixa com eletrônica e display numérico. Para saber a espessura da emulsão aplicada, medimos uma área da tela sem emulsão e a seguir uma área emulsionada com a camada já seca.

Existem instrumentos que medem através de ultrassom e os mais em conta, que medem por indução magnética e que geralmente funcionam bem para telas serigráficas.

Geralmente, os fabricantes de emulsões informam o teor de sólidos do seu produto e recomendam aplicar algum número de camadas inicialmente pelo lado externo e por último no lado interno da tela, colocando-a para secar na posição horizontal com a face externa voltada para baixo. Eventualmente irão sugerir alguma alteração nesta rotina com base na contagem de fios da tela.

Estas recomendações genéricas **não garantem os resultados** - pelo menos não se quisermos diversas telas com os mesmos valores dos parâmetros da planaridade e da espessura desejados no desenvolvimento mencionado.

Em primeiro lugar, telas com diferentes espessuras de fios irão capturar diferentes volumes de emulsão a cada passada. Além disso, a emulsão pode penetrar a mais ou a menos entre os fios, devido não só à distância entre fios, como também a velocidade com que a calha aplicadora passa (e supondo que a emulsão é mantida em condições de reduzir o espessamento que ocorre na secagem no pote e na calha, pelo tempo exposta ao ar).

Em segundo lugar, a passagem inicial objetiva uma impregnação e as camadas pelo lado interno se destinam a gerar uma camada no lado oposto, que pode variar devido aos fatores anteriores e devido ao raio da borda da calha aplicadora. Isso sem mencionar que telas com diferentes tensões de esticagem apresentarão diferentes camadas de emulsão por passada da calha, e que uma borda com raio maior deixará uma camada maior na face onde houve a passada.

São muitas variáveis, com efeito multiplicativo nos resultados da matriz. Classicamente, se usa contornar o problema da inconsistência aumentando a espessura na face inferior, para obter um estêncil plano através da gravidade (secagem horizontal face abaixo) e tensão superficial da emulsão.

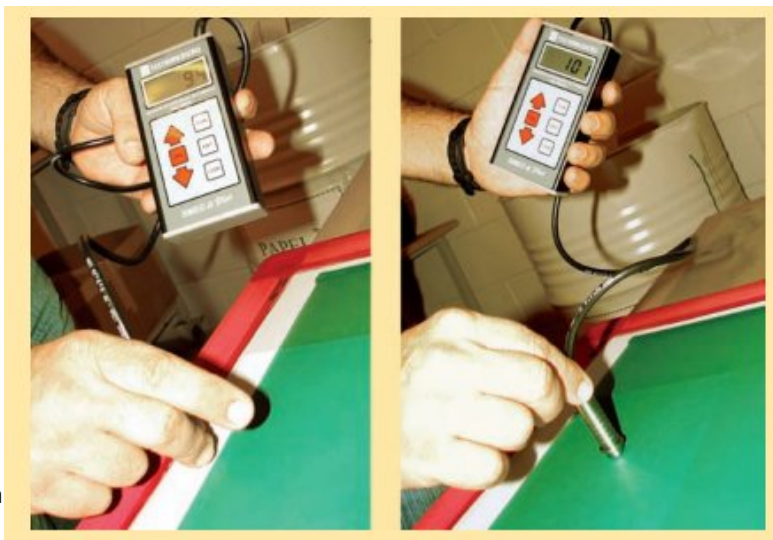
A impressão de cromias exige tintas transparentes para a mescla das cores, mas diferenças de espessura impactam diretamente na densidade das cores impressas. Por isso (e por algumas outras variáveis), a impressão de cromias representa um desafio para o impressor de serigrafia.

O instrumento

O instrumento usado neste caso prático foi o "SMEC-II plus" da empresa (brasileira) Tecnomedição.

O sensor inicialmente é aplicado em uma área descoberta, com uma moeda ou chapa metálica lisa apoiando pelo lado oposto. O instrumento mostra a espessura da malha serigráfica.

A seguir a medição é feita em uma área emulsionada e a diferença entre os valores representa a espessura de emulsão aplicada.



A aplicação de emulsão feita na forma da recomendação dos fabricantes de emulsão comprovou as observações acima, com camadas de até 10 micra (microns) de espessura acima dos fios, fazendo a aplicação manualmente.

O método de emulsionamento sugerido por André Pyskens, da Saati, foi empregado na aplicação manual, e comparado ao método usual feito em máquina emulsionadora para eliminação de variáveis.

O método de Peyskens consta de aplicar apenas uma camada inicial com calha de borda afiada em ambos os lados da tela e secar. A seguir, com a mesma calha afiada, camadas de nivelamento são aplicadas apenas na face externa (ou inferior) da tela (o método tem sido referido como "úmido sobre seco"). Esta operação é repetida com secagens intermediárias até que a superfície esteja plana. Geralmente uma espessura de 2 a 4 micra apresentará uma superfície plana neste método, mas vale a pena medir com um rugosímetro.

Aplicação

No nosso teste prático, comparamos resultados da aplicação manual com resultados de aplicação mecânica. Tomamos os casos mais críticos de ambas as aplicações, sendo uma tela mais aberta na aplicação manual e duas telas mais fechadas na aplicação mecânica. A mesma emulsão foi utilizada para uniformidade da análise.

Na aplicação manual, emulsão com calha de borda fina em uma tela de 54 fios /cm e fios de 64 micra, e na emulsionadora automática em duas telas de 120 fios /cm com fios de 34 micra e 150 fios /cm com fios de 35, micra, respectivamente.



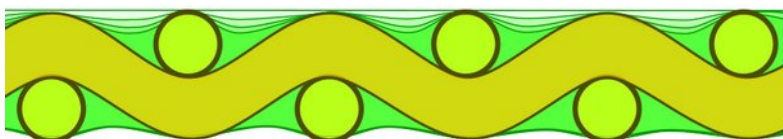
O emulsionamento manual foi feito segurando a calha com as duas mãos para facilitar a aplicação com velocidade constante. Dentro do possível, procuramos manter a velocidade em cerca de 10cm por segundo. Estas recomendações facilitam a coordenação motora e a repetição de resultados.

Como mencionamos, a aplicação de emulsão na tela pode fornecer resultados com variações relacionadas a diversos fatores. A velocidade de aplicação, o teor de sólidos da emulsão escolhida, a espessura da tela utilizada, a porcentagem aberta da malha da tela, podem fazer variar a espessura final.

Já a coordenação motora do aplicador manual pode impactar a consistência de resultados ao longo da área emulsionada e entre diversas telas. A técnica de emulsionamento escolhida visa o melhor resultado possível com menos recursos, usando parâmetros ergométricos (usar as duas mãos, manter a tela em altura onde a movimentação do braço evita esforços de outros músculos - costas, pescoço, flexões do torso).

Quando o operador apoia o quadro no solo, segura com a mão e manuseia a calha aplicadora com a outra, o movimento necessário com o quadril fatalmente irá fazer com que a velocidade de aplicação seja diferente do início até o final da passada (o instrumento pode comprovar isto facilmente). Enquanto tenhamos a noção de que a aplicação manual sempre fornecerá variação porque nossa coordenação motora tem limites, a técnica de emulsionamento úmido sobre seco oferece a possibilidade de calibração do processo de emulsionamento. Por exemplo, casos de aplicação onde uma espessura de emulsão seja desejável podem ser supridos, usando posteriormente uma calha com raio de borda maior.

O emulsionamento em várias camadas com a calha afiada tende a preencher as ondulações da superfície da emulsão entre os fios, que ocorre por efeito do encolhimento desta devido à secagem.



Efeito de nivelamento na aplicação de camadas adicionais - a calha afiada diminui o aumento de espessura sobre os fios

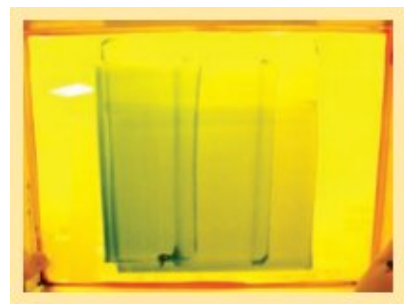
Teor de sólidos da emulsão

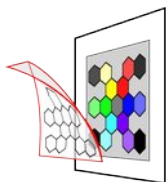
Se a emulsão tiver 30% de sólidos, quando secar terá um volume de 30% do original. Esse é o motivo da recomendação dos fabricantes de aplicar uma camada úmida mais espessa com a secagem na horizontal, face de contato para baixo.

É notável que no nosso caso da aplicação de camadas com secagens intermediárias, a tela pode perfeitamente secar na posição vertical.

A emulsionadora automática permite velocidades constantes e programáveis, com repetição nos resultados, oferecendo opções e controlabilidade. Entretanto, nada impede usar o sistema de secagens intermediárias com a aplicação feita em máquina.

Podemos ver que esta tela foi emulsionada manualmente com diferentes camadas, a saber 1+1, 1+2 e 1+3. Visualmente, percebemos que há diferença, mas de quanto é esta diferença? Com o instrumento, podemos quantificar esta grandeza, e saber se há variação para telas produzidas posteriormente.





Leituras das quantidades de passadas

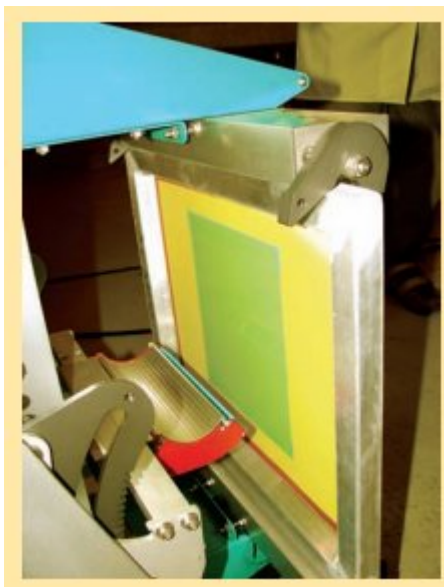
Como o instrumento faz uma leitura em área pequena, é possível detectar variações de espessura ao longo de toda a área da tela.

No objetivo de obter um estêncil mais plano e mais uniforme, com menor espessura de emulsão, esta medição é fundamental.

Embora a aplicação em máquina resulte em muito mais uniformidade e repetição, a técnica de aplicação “úmido sobre seco” permite o ajuste fino da espessura, tanto na aplicação manual quanto na mecânica.



Medindo a espessura com diferentes quantidades de passadas



Comparando a aplicação manual e em máquina

O instrumento permite calibrar a camada aplicada, de forma a se obter um erro máximo de 1 a 3 micra do especificado (usando a técnica de emulsionar úmido sobre seco).

Por exemplo, para uma tela de 120 fios com fios de 35 micra, consideramos a espessura total do tecido cerca de 70 micra, e espessura real de 50 micra. A espessura real é menor porque na esticagem os fios se achatam uns contra os outros por causa do comportamento típico dos plásticos – do qual o poliéster faz parte.

Se a emulsão for aplicada com cerca de 4 micra, isto faz a espessura total ficar em 54 micra, sendo que o erro de 1 micra significa

cerca de 2% (excelente para aplicação manual). Exemplificando o que dissemos acima, foram feitas medidas em diversas telas e tivemos os seguintes resultados:



APLICAÇÃO MANUAL, TELA 54,64, (ESPESSURA MEDIDA NA TELA 94-95) - CALHA COM BORDA FINA

EMULSIONANDO ÚMIDO SOBRE SECO	ESPESSURA TOTAL	ESPESSURA DA EMULSÃO SOBRE FIOS
Primeira camada, 1+1 e secagem	94 - 95	0
+3 camadas lado externo e secagem	96	1
+3 camadas lado externo e secagem	97	2

Obs: O aumento de espessura com a calha de borda afiada é desprezível.

APLICAÇÃO EM MÁQUINA, TELAS 120,34 E 150,34, EMULSIONADAS 1+2 CAMADAS FINALIZANDO PELO LADO INTERNO, ÚMIDO SOBRE ÚMIDO

	ESPESSURA TOTAL	ESPESSURA DA EMULSÃO SOBRE FIOS
Tela 120.34 espessura medida na tela 43 - 44	48 - 49	5 micra
Tela 150.34 espessura medida na tela 45 - 46	46 - 47	1 micra

Obs: como as duas telas tem fios de dimensões próximas, a área aberta na tela 150 é muito menor e por isso menos emulsão passa pelas aberturas entre fios considerando o mesmo número de camadas na mesma velocidade.

Os resultados comprovam a importância do instrumento para controle do processo. A aplicação de várias camadas úmidas mostrou que a espessura do estêncil sobre os fios será sempre maior do que o método de secagens intermediárias.

Rugosidade

Existem algumas formas de observar a rugosidade de uma superfície, assim como critérios de medida (ABNT NBR 6405-1985).

Para serigrafia, é adotada a rugosidade Rz, como definida nos manuais de metrologia (para medir ondulações periódicas).

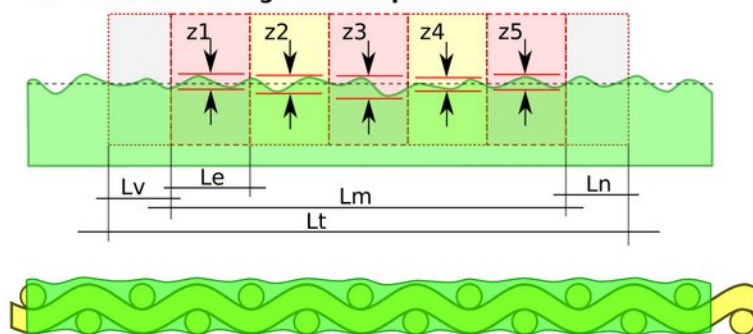
Definição: Rugosidade Rz é a média entre 5 leituras ao longo de uma linha reta na superfície a medir, cada uma computando a maior diferença de relevos e depressões para cada intervalo de leitura.

As amostragens tem intervalos correspondentes a ondulações repetitivas e definidos por normas para cada aplicação. A literatura internacional de serigrafia menciona leituras em Rz com o intervalo de amostragem para Rz ajustado em 0,8 mm.

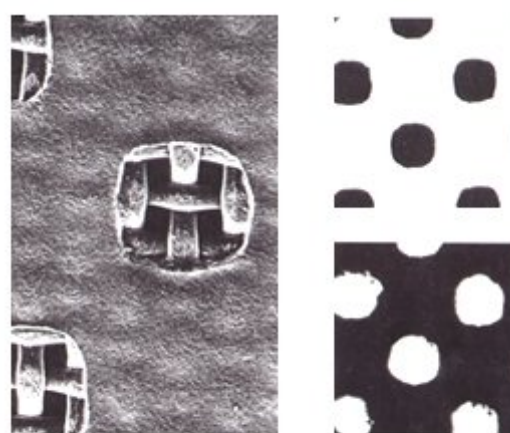
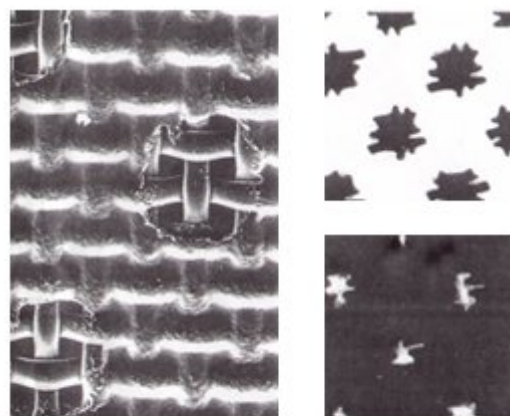
A rugosidade Rz de 3 micra é considerada adequada para reprodução de pontos de cromia; e para telas mais abertas um valor até 10 micra pode ser satisfatório.

Cabe observar que emulsões com características de maciez (compressibilidade) podem melhorar a resolução impressa, tornando a rugosidade um fator menos crítico.

Rz = média de 5 rugosidades parciais



A linha de amostragem deve ficar em um ângulo de 22° com relação aos fios da tela.



As fotos ilustram o efeito da rugosidade na reprodução de pontos de retícula.

Usando o rugosímetro

O instrumento pode ser configurado para o tamanho da amostragem. A regra para a medida do Rz é que a amostra precisa ter entre 2,5 e 6 vezes o tamanho da ondulação periódica (correspondente aos fios da tela).

Portanto, uma tela de 45 fios /cm tem distancia entre fios de 222 micra, e uma tela de 120 fios /cm tem distancia entre fios de 83 micra (considerar um pouco mais em função do ângulo da linha de amostra). Uma distancia de amostragem configurada no instrumento em 0,5 mm ou 0,8 mm atende para as duas contagens de fios das telas.

Os instrumentos mais simples tem o tamanho e formato de um maço de cigarros, e na base do mesmo uma agulha móvel traça a linha de amostragem registrando o movimento no eixo z (alturas) de uma maneira análoga à agulha de um toca-discos de vinil.



Concluindo

Obter matrizes de qualidade passa pela necessidade de instrumentação. Este relato é de um trabalho de desenvolvimento de processo, mas o investimento nesses instrumentos se paga na medida que a empresa padroniza resultados otimizados na produção. Uma vez estabelecidos os parâmetros ideais, a medição passa a ser feita em períodos mais distantes, como uma auditoria de um processo para garantir a estabilidade.