

## FECHAMENTO DE EMBALAGENS PLÁSTICAS POR TERMOSSOLDAGEM

*Lea Mariza de Oliveira*

*Pesquisadora Científica do Centro de Tecnologia de Embalagem – CETEA/ITAL*

Termossoldagem é o processo pelo qual dois materiais, com pelo menos uma camada de termoplástico na face a ser selada, são unidos pela ação combinada de calor e pressão durante um determinado tempo. A medida que as camadas selantes se fundem, aumenta o contato entre elas. Dado tempo suficiente, moléculas se difundem através da interface, se entrelaçam e a resistência da termossoldagem aumenta (TETSUYA et al., 2005).

O fechamento por termossoldagem é o mais utilizado para embalagens plásticas flexíveis e também é bastante utilizado em embalagens plásticas rígidas. Na Figura 1 são apresentados alguns exemplos de embalagens fechadas por termossoldagem. Desta forma, a capacidade de termossoldar é uma das mais importantes propriedades dos materiais utilizados em embalagens plásticas e é fundamental para a integridade da embalagem e a preservação da qualidade e da segurança do produto.



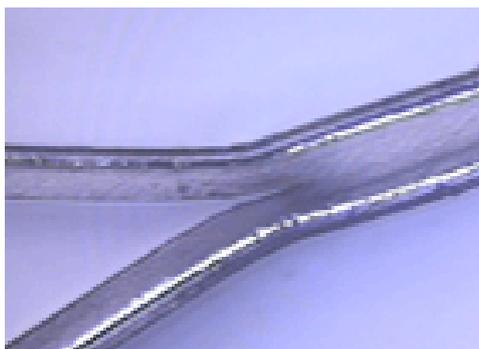
**FIGURA 1.** Embalagens plásticas fechadas por termossoldagem.

Para uma mesma espessura de material, as características da termossoldagem são determinadas principalmente por fatores advindos da resina selante, da estrutura do material de embalagem e do equipamento. A estrutura do material pode ser relacionada à resistência e ao tempo de soldagem (condutividade térmica do material). A massa molecular média da resina selante está relacionada à resistência e à temperatura de soldagem. Já a distribuição de massa molecular desta resina impacta na faixa de temperatura de soldagem e no grau de entrelaçamento molecular. Aditivos como os deslizantes e os antioxidantes tendem a reduzir a resistência da termossoldagem. A presença de tratamento para impressão também pode impactar na qualidade da termossoldagem. Por fim, os parâmetros temperatura, tempo e pressão de operação do equipamento também têm influência na qualidade da termossoldagem (HERNANDEZ et al., 2000; ROBERTSON, 2012). Apesar de relevante, a pressão tem pouco efeito na resistência da termossoldagem, contudo ela deve ser suficiente para proporcionar um bom contato entre as superfícies selantes. Filmes que encolhem com calor podem ser mais afetados pela pressão de soldagem, provavelmente devido a problemas de contato entre as superfícies selantes (ASTM F 2029-08).

Todos estes fatores tendem a interagir de modo complexo, o que dificulta a solução de problemas relacionados à termossoldagem. Por exemplo, a quantidade de calor disponível pode ser limitada pela capacidade dos elementos de aquecimento do equipamento, pela taxa de transferência de calor do mordente de fechamento e até pelo tipo de produto. Um aumento no tempo de termossoldagem aumentará a quantidade de calor disponível, mas normalmente não representa a solução do problema pois acarreta uma queda na produtividade, em geral acompanhada por aumento nos custos (ROBERTSON, 2012).

O *hot tack*, ou resistência da termossoldagem à tração, antes do resfriamento do material, está associado ao entrelaçamento molecular das cadeias poliméricas, viscosidade e forças intermoleculares presentes no material (HERNANDEZ et al., 2000).

Vários métodos são utilizados para termossoldar embalagens plásticas. Nos mais utilizados, quando o equipamento de termossoldagem é acionado, calor e pressão são aplicados à superfície externa do material, sendo o calor transmitido por condução, principalmente, ou radiação, para o material de embalagem e, a partir daí, por condução até às superfícies de selagem. O calor que chega às superfícies de selagem deve ser suficiente para fundir as interfaces e promover a termossoldagem (Figura 2). A pressão aplicada é fundamental para reduzir a cerca de 5 Å a distância entre as superfícies a serem fundidas. Uma boa termossoldagem é obtida quando ocorre entrelaçamento molecular entre as duas camadas selantes em quantidade suficiente para destruir a interface e produzir uma camada homogênea (HERNANDEZ et al., 2000).



**FIGURA 2.** Microfotografia de uma termossoldagem.

A seleção do método de termossoldagem vai depender fundamentalmente do tipo de embalagem, da estrutura do material e do produto a ser acondicionado. Os métodos mais utilizados para embalagens flexíveis são a barra aquecida e o impulso elétrico. Outros tipos de soldagem também podem ser utilizados como, por exemplo, a soldagem por fio ou faca quente, por ultrassom e por indução. No primeiro caso o equipamento solda e corta o material. Esta termossoldagem é bastante estreita, relativamente fraca, geralmente não é hermética e tem como vantagem a alta velocidade de produção. É aplicada em sacarias, onde integridade não é uma questão relevante, como em sacos de polietileno utilizados para o acondicionamento de frutas, hortaliças e verduras no ponto de venda. Em embalagens plásticas rígidas é comum a termossoldagem por indução.

A termossoldagem por ultrassom é considerada uma termossoldagem a frio, aonde não há o contato direto do material com os mordentes aquecidos. Neste método, energia mecânica é convertida em calor na interface a ser soldada. De acordo com Bach et al (2012) o principal mecanismo de aquecimento é o atrito intermolecular. O formato das ferramentas de solda (Superior=sonotrodo/Inferior=anvil) em conjunto com a pequena área de contato entre ambas direciona a energia para as camadas selantes. Desta forma, se diz que o calor é gerado de dentro para fora, ao contrário dos métodos de termossoldagem mais utilizados, e as demais camadas da estrutura praticamente não são aquecidas. A soldagem por ultrassom também se caracteriza pela largura reduzida, 1 mm a 3 mm, diminuto tempo de solda, da ordem de 80 a 200 milissegundos, e a capacidade de expulsar da área de solda contaminantes como resíduos de produto. A aplicação de pressão é necessária para se obter um bom contato entre as camadas selantes. Frente às características do método, a soldagem por ultrassom é vantajosa para produtos sensíveis ao calor como chocolates e permite a termossoldagem de filmes orientados sem alteração dimensional (FISCHER, 2009; ROBERTSON, 2012). De acordo com Hishinuma (2009), como a maioria das ondas ultrassônicas são refletidas por superfícies metálicas, a aplicação deste método para termossoldagem de materiais que têm na estrutura folhas metálicas é limitada.

Na termossoldagem por barra aquecida são utilizados pares de barras, também denominadas mordentes, as quais são mantidas a uma temperatura constante, pré-determinada, durante todo o ciclo de termossoldagem. Quando as barras são pressionadas sobre o material, o calor é transferido por condução através do filme até a camada termosselante, promovendo a fusão. Recomenda-se que as bordas das barras sejam arredondadas a fim de evitar a fratura do material de embalagem. Normalmente as duas barras são aquecidas. Quando apenas uma barra é aquecida costuma-se substituir a outra barra metálica por borracha resistente à temperatura, o que permite maior homogeneidade de pressão ao longo da superfície a ser termossoldada. Como os sensores que monitoram a temperatura costumam ser posicionados no centro do bloco aquecido, a temperatura em diferentes regiões do mordente pode ser diferente, variando em função da proximidade com o sensor de temperatura. Sendo assim, o comprimento do mordente costuma ser 30% maior que a largura da embalagem a ser termossoldada para compensar a flutuação da temperatura nas duas extremidades. As barras podem ter perfil plano ou não, sendo mais comum, nestes casos, as estrias verticais ou horizontais. Com o perfil plano, tende-se a obter termossoldagens de menor resistência. Dentre aquelas com estrias, as verticais em geral conferem maior resistência mecânica à termossoldagem, mas favorecem a formação de canais entre o ambiente interno da embalagem e o meio ambiente, os quais podem permitir contaminação microbiana do produto e trocas gasosas entre os dois ambientes. As estrias horizontais dificultam a formação destes canais, porém resultam em termossoldagens menos resistentes (HERNANDEZ, et al., 2000; HISHINUMA, 2009; OLIVEIRA, FARIA, 1996). De acordo com Robertson (2012), a termossoldagem por barra aquecida é o método mais utilizado em máquinas do tipo *form-fill-seal*.

Na termossoldagem por impulso elétrico os mordentes encontram-se frios no início do ciclo de selagem, ao contrário do sistema por barra aquecida onde a temperatura é mantida constante. Fitas metálicas (resistências elétricas), em geral com 2 mm a 5 mm, são fixadas em ambos ou em apenas um dos mordentes de fechamento e são percorridas por uma corrente elétrica (20 A a 50 A) por um curto tempo (0,2 s a 3 s) quando os mordentes se fecham. O calor é então transferido para o material plástico que se funde, promovendo o fechamento. As barras são mantidas pressionadas sobre o material de embalagem, inclusive durante a etapa de resfriamento. Em geral a corrente é mantida constante e a quantidade de calor é ajustada por meio de alteração do tempo. As resistências elétricas costumam ser revestidas por uma fita de teflon para evitar que o material plástico fique ali aderido. A termossoldagem por impulso elétrico costuma ter melhor aparência, por ser mais estreita que aquela por barra aquecida. Os custos com manutenção costumam ser mais elevados que no sistema de barra aquecida, pois exigem troca constante da resistência e do teflon. O impulso elétrico é utilizado para o fechamento de materiais com menor *hot tack* e para aqueles que tendem a se deformar quando aquecidos e, portanto, requerem resfriamento sob pressão (HERNANDEZ et al., 2000; HISHINUMA, 2009; ROBERTSON, 2012). De acordo com Hashimoto et al. (2006) a termossoldagem por impulso é mais sensível a parâmetros de processo e alterações no equipamento de termossoldagem do que a alterações na composição do material de embalagem.

De acordo com Morris (2002) *apud* Tetsuya et al. (2005), a termossoldagem por barra aquecida consome menos energia, resulta em maior velocidade e causa menos stress ao filme. Já a termossoldagem por impulso elétrico resulta em termossoldagens mais resistentes e com melhor aparência.

A termossoldagem por indução é comum em embalagens plásticas rígidas. Neste caso, o selo de indução vem aplicado na tampa e não há um contato entre o selo e o dispositivo de indução. O selo, que deve ter uma camada metálica, normalmente o alumínio, é exposto a um campo magnético que induz uma corrente elétrica e a geração de calor no alumínio, o qual é transferido para as camadas selantes que se fundem.

Quanto à abertura, as termossoldagens podem ser de fácil abertura ou não. Neste último caso normalmente a embalagem é aberta por meio de um instrumento cortante ou, de modo mais conveniente, através de um picote na lateral da embalagem flexível, abaixo da termossoldagem de topo, que permite ao consumidor o rasgamento do material. A maioria da termossoldagens é do segundo tipo. Soldagens de fácil abertura, segundo HERNANDEZ et al. (2000), podem ser obtidas de duas formas. Um método seria adicionando à camada selante um segundo polímero que funda a uma temperatura superior ao primeiro e maior que a empregada no equipamento de fechamento. Este segundo polímero ficaria disperso no material, criando discontinuidades na termossoldagem, enfraquecendo-a. Desta forma, tem-se a abertura da embalagem por meio de uma falha coesiva dentro do material plástico. Outra alternativa para se obter uma termossoldagem de fácil abertura seria por meio da separação da área soldada da camada plástica imediatamente abaixo (quebra da camada selante), seguida de uma falha da camada selante por tracionamento, ou seja, tem-se uma delaminação da região soldada, seguida de uma ruptura da camada interna (região não soldada).

Independentemente do tipo, método de fechamento e facilidade de abertura, a termossoldagem deve apresentar integridade e resistência mecânica.

A integridade do fechamento impede a entrada de microrganismos e garante à embalagem que a barreira a gases e ao vapor d'água do material não foram comprometidas pelo sistema de

fechamento. Diz-se que a termossoldagem deve oferecer ao conteúdo o mesmo grau de proteção proporcionado pelo material de embalagem. A norma ISO 11607 (2006) define como termossoldagem íntegra aquela que impede a entrada de microrganismos sob condições pré-estabelecidas.

A resistência mecânica do fechamento deve ser suficiente para resistir às solicitações mecânicas decorrentes do próprio acondicionamento do produto, transporte, distribuição e manuseio da embalagem, ou seja, a termossoldagem deve ser capaz de suportar a carga imposta pelo produto desde seu enchimento até seu consumo.

Existem vários métodos para avaliação da integridade da termossoldagem e a escolha depende fundamentalmente do material de embalagem e do processo de acondicionamento.

A resistência mecânica da termossoldagem é tradicionalmente avaliada medindo-se a força necessária para separar as duas superfícies seladas, por meio de ensaios estático e dinâmico. O ensaio estático é qualitativo enquanto o dinâmico é quantitativo e mede a força necessária para separar as duas camadas termossoldadas. Esta determinação pode ser feita com a termossoldagem ainda quente, quando as camadas selantes ainda não se solidificaram (*hot tack*), ou à temperatura ambiente.

## Referências

- ASTM INTERNATIONAL. **F 2029**: standard practices for making heatseals for determination of heatsealability of flexible webs as measured by seal strength. Philadelphia, 2008. 8 p.
- BACH, S.; THURLING, K.; MAJSCHAK, J-P. Ultrasonic sealing of flexible packaging films – principle and characteristics of an alternative sealing method. **Packaging Technology and Science**. Surrey, v.5, p. 233-248, 2012.
- FISCHER, T. Packaging with ultrasonics. **Kunststoffe International**. 08/2009
- HASHIMOTO, Y.; ISHIAKU, U.S.; LEONG, Y.W.; HAMADA, H.; TSUJII, T. Effect of heat-sealing temperature on the failure criteria of oriented polypropylene/cast polypropylene heat seal. **Polymer Engineering and Science**, v. 46, n. 2, p. 205-214, 2006.
- HERNANDEZ, R.; SELKE, S. E.; M., CULTER, J. D. **Plastics packaging** - properties, processing, applications and regulations. Munich: Hanser, 2000. 425 p.
- HISHINUMA, K. **Heat sealing technology and engineering for packaging** – principles and applications. Lancaster: DEStech, 2009. 251 p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 11607**: packaging for terminally sterilized medical devices - Part 1: requirements for materials, sterile barrier systems and packaging systems. Geneve, 2006. 24 p.
- OLIVEIRA, L. M.; FARIA, J.A.F. Evaluation of jaw profile on heat sealing performance of metallised flexible packages. **Packaging Technology and Science**. Surrey, v.9, p. 299-311, 1996.
- ROBERTSON, G. L. **Food packaging** - principles and practice. 3<sup>rd</sup>, Boca Raton: CRC Press, 2012. 701 p.
- TETSUYA, T.; ISHIAKU, U.S.; MIZOGUCHI, M.; HAMADA, H.; Effect of heat sealing temperature on the properties of OPP/PP heat seals. Part I. Mechanical properties. **Journal of Applied Polymers**, v. 97, p. 753-760, 2005.