

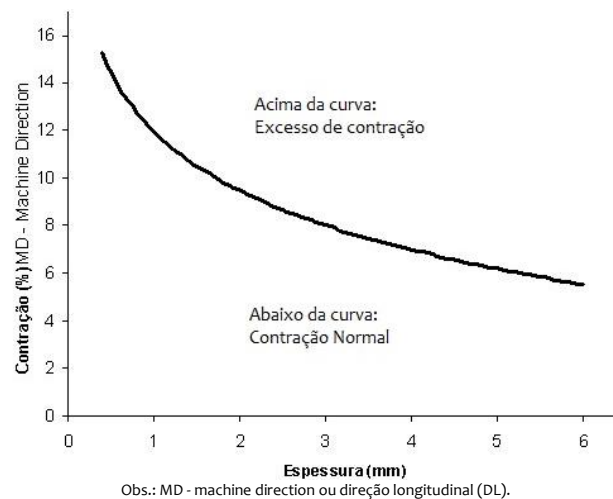
Processo de extrusão de chapas - ABS/PS - Tensão Molecular

Orientação molecular significa alinhar as moléculas em uma direção determinada ou em um plano determinado, ao invés de permitir que elas fiquem aleatoriamente posicionadas.

No processo de extrusão de chapas com PS cristal/alto impacto e ABS, predomina naturalmente a orientação no sentido longitudinal. 1

Entretanto, na orientação molecular também pode ocorrer excesso de tensão molecular, que provoca redução das propriedades mecânicas (maior fragilidade) e aumenta a contração da chapa durante o processo de termoformagem e assim pode afetar a qualidade do produto final.

Uma forma prática de avaliar o grau de tensão molecular das chapas é através do percentual de contração, o qual aumenta de acordo com a redução da espessura, conforme gráfico abaixo.



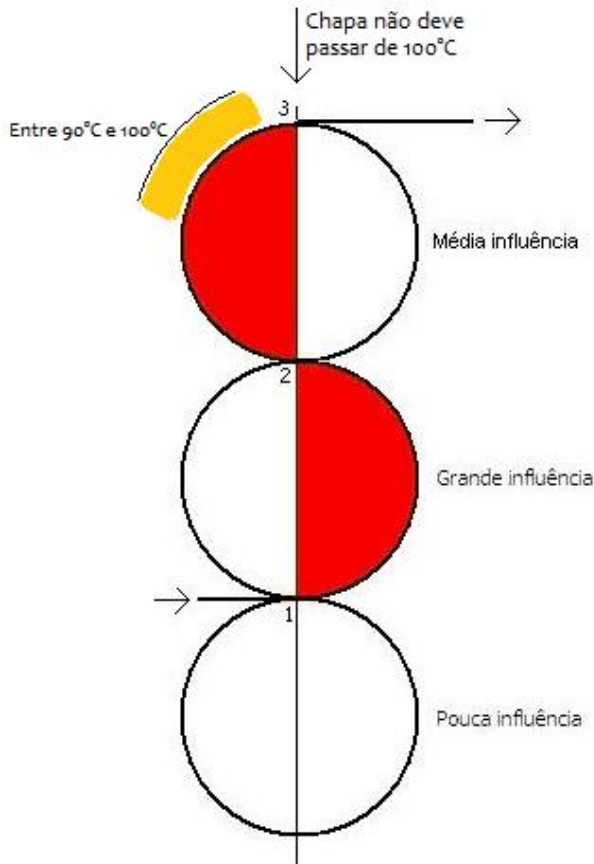
Por exemplo, considerando que a chapa produzida com 3 mm apresente contração de 12%, podemos afirmar que a tensão está elevada, pois de acordo com o gráfico a contração máxima para essa espessura é de 8%.

É aconselhável realizar análises regulares para verificar se o grau de contração das chapas está dentro dos limites ideais. Caso contrário verifique se os parâmetros de extrusão estão de acordo com as práticas recomendadas abaixo.

Extrusão - Boas práticas

- Ajustar a abertura da matriz entre 5 a 10% a mais do que a espessura desejada para a chapa;
- Ajustar os controladores de temperatura para obter a maior homogeneidade de temperatura da CHAPA no sentido transversal junto à matriz – usar termômetro infravermelho (IR);
- Com o termômetro (IR) ajustar também as temperaturas das calandras para que a CHAPA atinja entre 90°C e 100°C na região indicada no desenho das calandras (próxima página);
- Não utilizar cordão junto à calandra;
- A calandra de saída deve estar em contato com a chapa;
- Reduzir ao máximo a distância entre a matriz e a calandra;
- Para chapas finas pode-se aumentar a temperatura da matriz entre 10°C e 20°C;
- Reduzir a velocidade do puxador (no caso de excesso) para obter a menor tensão da chapa;
- Verificar se há diferenças de velocidades no caso de calandras independentes.

Calandras



Na configuração ao lado, a saída da chapa é por cima (up-stack), mas o princípio é análogo para saída por baixo (down-stack).

Por exemplo, no modo up-stack, a temperatura do cilindro inferior tem pouca influência na chapa devido ao único ponto de contato, entretanto, o cilindro do centro e o superior tem grande influência, pois a metade da circunferência de cada um está em contato com a chapa.

As maiores incidências de excesso de tensão molecular em chapas ocorrem na extrusão de chapas com baixas espessuras, ou seja, com menor massa, a chapa troca calor com o cilindro de forma muito rápida e não há tempo suficiente para promover o relaxamento molecular.

Caso não ocorra esse relaxamento na calandra, certamente ele irá ocorrer no momento da termoformagem, gerando muitos problemas, lembrando que o PS solidifica abaixo de 100°C e nessa condição o relaxamento é praticamente nulo.

Efeito das temperaturas no processamento do PS cristal/alto impacto e ABS:

- Estado sólido: abaixo de 100°C
- Amolecimento: entre 100°C e 150°C
- Processamento: a partir de 150°C

Práticas NÃO IDEAIS, que devem ser evitadas durante o processamento:

- **Abertura da matriz ACIMA da relação de 5 a 10% maior que a espessura da chapa:**
É prática comum mas incorreta aproveitar a mesma abertura de matriz para produzir diferentes espessuras de chapas, alguns efeitos negativos poderão ser observados na termoformagem como a elevada variação de peso e fragilidade dos produtos termoformados.
- **Produtividades acima da capacidade da extrusora:**
O uso de água gelada para aumentar a eficiência de refrigeração nas calandras em geral solidifica prematuramente o PS/ABS e promove tensões moleculares excessivas na chapa.
- **Cordão (acúmulo desigual de PS entre as calandras após sua saída da matriz):**
O uso de cordão eleva muito a tensão molecular e por esse motivo deve ser evitado.
- **Distância excessiva entre matriz e calandras:**
A chapa ao sair da matriz sofre a ação da gravidade que promove grande estiramento molecular. O ideal é reduzir ao máximo a distância entre calandra e matriz para minimizar esse efeito.

Recomendações Gerais

A prática de uma ou mais das situações citadas acima, pode permitir que a chapa solidifique entre o ponto 1 e o ponto 2, o que tornaria inoperante a região entre o ponto 2 e o ponto 3 em termos de relaxamento molecular.

Com o auxílio do termômetro (IR), medir a temperatura da chapa imediatamente antes do ponto 3, a qual deverá estar abaixo de 100°C mas o mais próximo possível desse valor. Com isso será possível aproveitar praticamente toda a área entre o ponto 1 e o ponto 3 tirando o máximo de proveito das calandras para promover o maior tempo de relaxamento molecular antes da solidificação do PS. Quanto mais a chapa relaxar na calandra, menos ela irá contrair na termoformagem e melhores serão as propriedades mecânicas do produto final conferidas pela redução das tensões.

Para chapas finas, geralmente é necessário elevar a temperatura das calandras, tomando cuidado com o fato de que quanto mais fina, maior será sua velocidade em m/min, o que pode fazer com que o ponto de solidificação ultrapasse o ponto 3 e ocorra nova orientação molecular, agora por estiramento entre a calandra e o puxador.

Sempre confirmar a temperatura da CHAPA com o auxílio do termômetro (IR) e no caso do aumento da temperatura das calandras for insuficiente para atingir a temperatura ideal da chapa próxima ao ponto 3, poderá ser necessário aumentar a temperatura de massa da extrusora.

Método de contração

Para verificar o grau de tensão molecular da chapa causado pelo processo de extrusão, sugerimos utilizar o método de contração descrito abaixo.

1. Setar a estufa em 135°C, e aguardar 30 minutos antes de iniciar o ensaio.
2. Cortar uma tira transversal da chapa e retirar três amostras com ~10cm x 10cm, uma do centro e as outras das extremidades.
3. Identificar as amostras como lado direito (D), centro (C) e esquerdo (E) da chapa.
4. Traçar uma linha dividindo ao meio a amostra no sentido L e T e anotar suas medidas, identificando o sentido longitudinal (L) e transversal (T) de extrusão.
5. Verificar a espessura das amostras.
6. Colocar as amostras entre dois pedaços de cartolina/papelão.

Obs.: Cobrir com talco em excesso os dois lados da cartolina/papelão que entrarão em contato com as faces da amostra.

7. Colocar as amostras na estufa, onde o tempo de permanência irá variar de acordo com a espessura da chapa, conforme a tabela abaixo:

Espessura (mm)	Tempo (min)
1	20
2	20
3	30
4	40
5	50

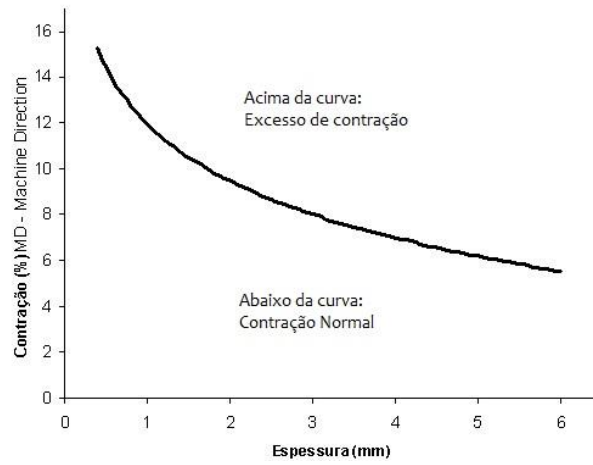
Obs.: A relação existente entre espessura e tempo continua a mesma para espessuras maiores.

8. Retirar as amostras da estufa e deixar resfriar por aproximadamente 15 minutos.
9. Medir o comprimento final das amostras em L e T.
10. Expressar os resultados da seguinte forma:

% de contração DL: $(\text{comprimento inicial L} - \text{comprimento final L}) \times 100 / \text{comp. Inicial L}$.

% de contração DT: $(\text{comprimento inicial T} - \text{comprimento final T}) \times 100 / \text{comp. Inicial T}$.

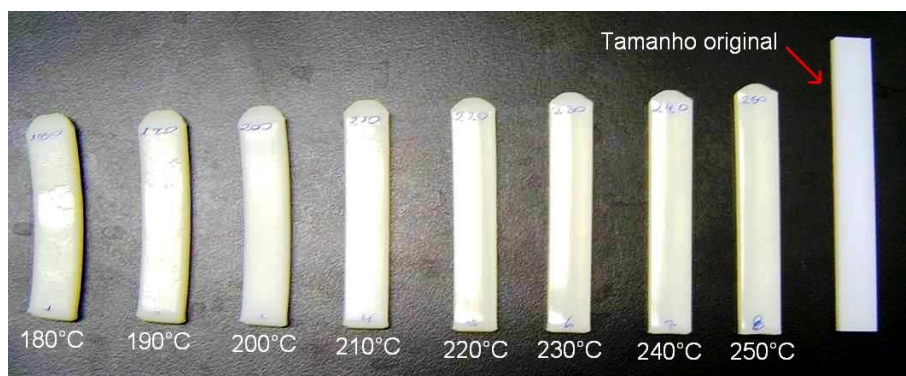
Figuras



Extrusão: Gráfico de contração de chapas



Extrusão: teste de contração em chapas



Injeção: teste de contração em peças injetadas

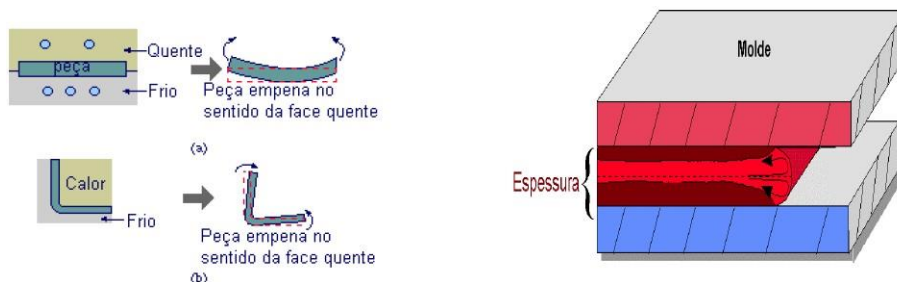


Figura extraída do artigo LITERATURA TÉCNICA: Contração e Empenamento de Poliolefinas – IPQ.