

IX. Verificación del Balance del Llenado

- **Efecto del Tiempo de Inyección en el Balance del Llenado**
- **Laboratorio - Balanceo del Llenado**
- **Desbalance Termal**
- **Desbalance en Moldes con Coladas Frías**

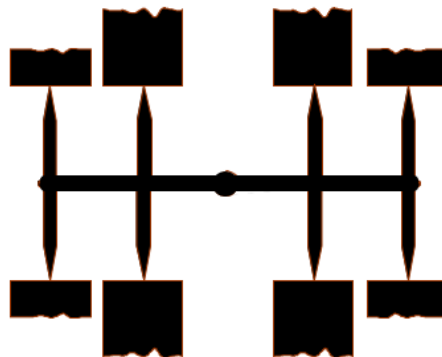
Una vez más, recuerde que antes de continuar con este laboratorio de **Moldeo UniversalTM**:

- Los equipos auxiliares están propiamente instalados y operando.
- Las temperaturas continúan propiamente ajustadas.
- Los ajustes del barril continúan propiamente programados.
- La fuerza de cierre continúa propiamente ajustada.
- La apertura de las platinas, sus movimientos, velocidades, y la protección del molde continúan propiamente ajustadas.
- El tiempo de enfriamiento es más grande de lo requerido, evitando que entorpezca la determinación de otros parámetros.
- La velocidad de inyección ideal ha sido determinada, ajustada y se está llenando alrededor de un 95% del llenado requerido por el molde.
- La presión límite de inyección ha sido determinada y ajustada.
- La etapa de empaque continúa apagada.

Importante, solamente personal cualificado que se han leído los manuales operacionales de los equipos y entienden la funcionalidad del equipo debe operar y/o hacer ajustes a los mismos.

Moldes con múltiples cavidades aumentan la productividad, ahora, su fabricación al igual que la operación se complica; el paso del fundido requiere ser balanceado y su enfriamiento es más elaborado.

Imagine un molde de múltiples cavidades con tiempos de llenado distintos por cavidad, o unas cavidades que se llenan antes que otras.

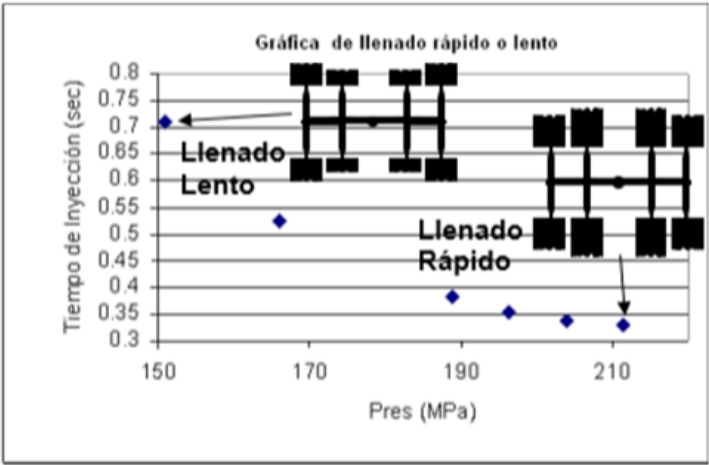


IX-1. Molde de múltiples cavidades con llenado desbalanceado

Esta situación rompe el objetivo de mantener flujo y viscosidad constante por cavidad; es como aceptar el moldeo de piezas distintas por cavidad.

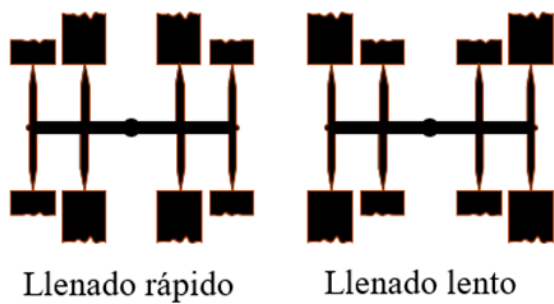
Efecto del Tiempo de Inyección en el Balance del Llenado

En el capítulo “Determinación de la Velocidad de Inyección” se mencionaron los múltiples efectos del tiempo de inyección en el llenado. En la etapa de inyección, el volumen de fundido en las piezas aumenta con el aumento en velocidad de inyección. Fíjese en la ilustración.



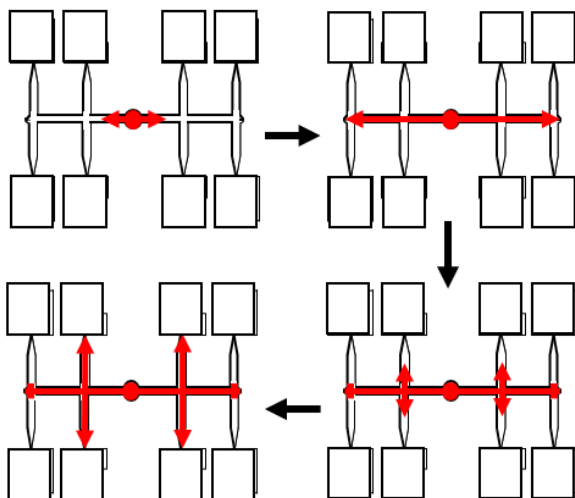
IX-2. Gráfica del efecto de la velocidad de inyección en el llenado de piezas incompletas

Además, se observará que con llenados lentos se llenarán las cavidades interiores antes que las exteriores.



IX-3. Llenado rápido y lento

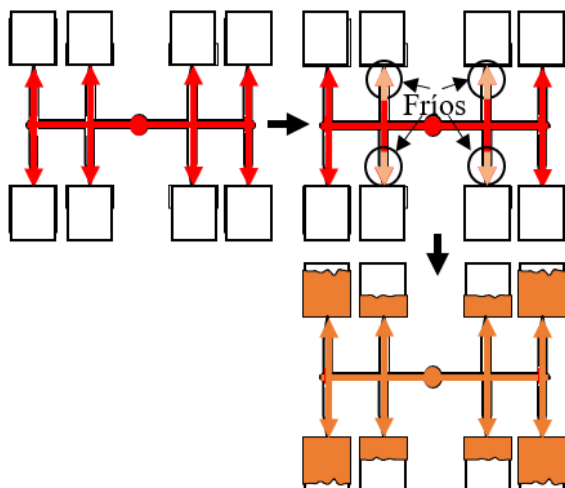
Veamos porqué; durante el inicio del llenado, el flujo se divide en ambos lados del bebedero (“*sprue*”). El flujo preferirá siempre el paso de menor restricción, por esto elegirá continuar en línea recta y no virar en las intersecciones donde se ramifica la colada. Una vez llega al final del ramal y el flujo se vea obligado a virar, preferirá llenar la ramificación anterior, ya que la presión del fundido en la intersección anterior será mayor.



IX-4. Ejemplo de secuencia del llenado de coladas

Ahora, una vez llega el fundido a los bebederos (“*gates*”) interiores se encontrará con la restricción de los pequeños orificios. Entonces, el flujo preferirá continuar llenando al final de la colada, ya que la dificultad será menor, hasta que se encuentra con la misma dificultad, la restricción de los pequeños bebederos del exterior.

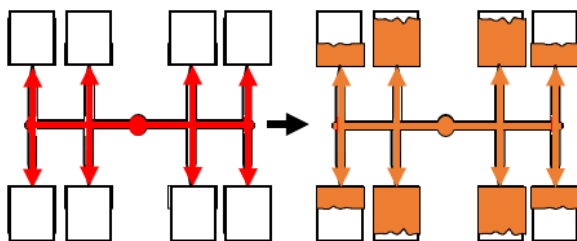
Asumamos que el llenado es lento. El fundido en estos bebederos exteriores está aún caliente y con menor viscosidad que los bebederos interiores, ya que llevan sentados en el metal frío por mayor tiempo.



IX-5. Ejemplo de llenado lento

Consecuentemente, llenará las cavidades exteriores primero. Durante la inyección, el fundido en contacto con el metal frío es el primero en endurecerse, y el grueso de esta capa endurecida dependerá del tiempo que esté en contacto con el metal frío. Cuando la inyección es lenta, la capa endurecida es más gruesa y, por consecuencia, el paso al flujo es más estrecho.

Ahora hagamos el mismo ejercicio, pero esta vez hágalo asumiendo que el llenado es rápido. Inicialmente el llenado de la colada será igual. La diferencia está en que el tiempo que esperó el fundido sentado, en esos primeros bebederos, será menor.



IX-6. Ejemplo de llenado rápido

Consecuentemente su viscosidad continuará estando baja y el fundido preferirá llenar las cavidades interiores ya que la presión requerida será menor.

El tiempo de inyección tiene mucho que ver con el balance de flujos, y es por esto que se debe haber determinado y ajustado la velocidad de inyección antes de hacer un estudio de balance de flujos.

Otras situaciones ocasionadas por el desbalance:

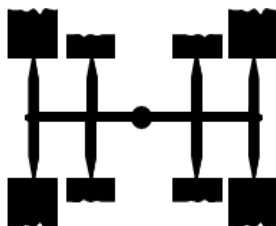
1. Atasco o dificultad en la extracción:
 - Algunas cavidades pueden hacer que las piezas se queden atascadas o presenten dificultades al extraer. Estas cavidades probablemente se llenen primero.
 - Por otro lado, las piezas que se desprenden por sí solas (con un esfuerzo mínimo o ninguno de los expulsores) son probablemente las últimas en llenarse.
2. Formación de rebaba (flash):
 - Las cavidades que con frecuencia muestran rebaba son, con alta probabilidad, las primeras en llenarse.
3. Mayor peso en las piezas:
 - Las piezas que revelan un mayor peso también tienen probabilidad de llenarse primero.

Es esencial entender estos escenarios, ya que pueden afectar el proceso de moldeo en general.

Laboratorio - Balanceo del Llenado

En esta sección se presentará el procedimiento de verificar el desbalance del flujo:

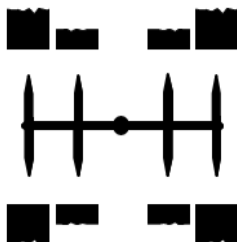
1. Ajuste la unidad de inyección a que produzca piezas incompletas y asegúrese de que el empaque continúa apagado.



IX-7. Ejemplo de llenado incompleto

Este experimento se efectúa con llenados incompletos de manera que podamos evaluar el llenado individual de cada cavidad. Si más de una cavidad completa el llenado de inyección imposibilitará la determinación de dificultad de llenado entre esas cavidades. Trate un 80% del llenado, luego verifique que cada cavidad esté incompleta, de no ser así reduzca aún más el volumen de plastificación y verifique nuevamente.

2. En el caso de que las piezas estén adjuntas a la colada, sepárelas.



IX-8. Piezas separadas de la colada

3. Pese las piezas por separado e identifíquelas con W_i ($i = 1$ a # de cavidades). Sume todos los pesos W_i y llámelo W_T .

$$W_T = \sum_{\# \text{ cav.}}^1 W_i$$

4. Determine la desviación del volumen, Vd_i , por cada cavidad.

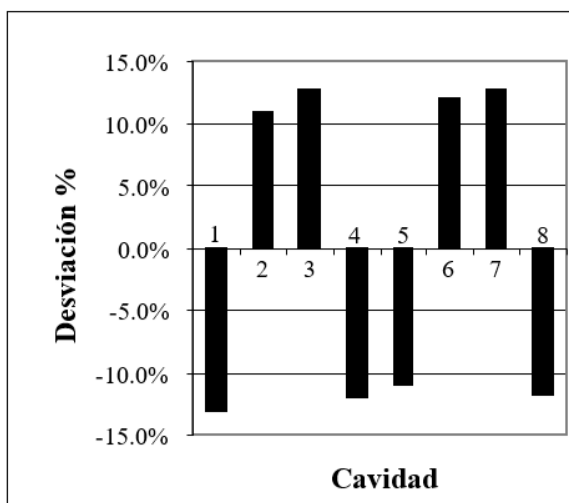
$$Vd_i = \left[\frac{W_i}{(W_T / \# \text{ cavities})} - 1 \right] 100\%, i = 1 \text{ a } \# \text{ of cavidades}$$

Si el porcentaje determinado es cero, el flujo es ideal; si es positivo, el flujo está por encima de lo ideal; si es negativo, está por debajo de lo ideal. Por lo regular se busca mantener este porcentaje dentro de $\pm 10\%$. Verifique con su empresa cuál sería el porcentaje de desviación permitido. Ejemplo:

Cavidad	Muestra 1	Muestra 2	Promedio	Desviación
1	3.42	3.42	3.42	-13.1%
2	4.36	4.37	4.365	10.9%
3	4.42	4.44	4.43	12.5%
4	3.46	3.47	3.465	-12.0%
5	3.5	3.5	3.5	-11.1%
6	4.4	4.41	4.405	11.9%
7	4.43	4.44	4.435	12.7%
8	3.47	3.47	3.47	-11.8%

IX-9. Tabla con pesos de cavidades incompletas y sus correspondientes desviaciones del llenado

La data muestra una desviación negativa en las cavidades 1, 4, 5, y 8 indicando que son las últimas en llenarse, y una desviación positiva para las cavidades 2, 3, 6, y 7 indicando que son las primeras que se llenan. Observe la gráfica de columnas con los resultados.



IX-10. Gráfica de columnas con el % de desviación del llenado por cavidad

Desbalance Termal

Es bueno tener y conocer los diagramas de flujos de agua de enfriamiento del molde. Cavidades más frías tienden a endurecer el plástico más rápido y, por consecuencia, hacen que el fundido sea más viscoso.

Algunas compañías utilizan sistemas infrarrojos para determinar la distribución térmica del molde. Recuerden que las temperaturas del metal, del plástico, y del agua por lo regular son distintas. Aun así, están relacionadas.

En el caso de coladas calientes (“*hot runners*”) se puede compensar el flujo por zona, cambiando la temperatura en las puntas calientes (“*hot drops*”) del sistema de coladas.

Por ejemplo:

- En el caso donde Vd_i es negativa, la temperatura de esa punta caliente debe ser aumentada. Cuidado, evite sobrecalentar el plástico en las puntas.
- En el caso opuesto donde el valor Vd_i es positivo, la temperatura de la punta caliente debe ser bajada. Cuidado, evite solidificar plástico en las puntas.

Es crucial comprender que al modificar el flujo en una zona, las demás también se verán afectadas. Por esta razón, se recomienda realizar un cambio a la vez e inyectar nuevas piezas. Además, considere comenzar enfriando las zonas de las cavidades que se llenan primero, lo que le proporcionará resultados más rápidos.

Es importante entender que una vez que se cambia el flujo de una zona, las otras zonas se verán afectadas. Por lo tanto, se recomienda hacer un cambio a la vez e inyectar nuevas partes incompletas.

Este procedimiento funciona con sistemas de coladas calientes con válvulas en los bebederos (“*gate valves*”). Asegúrese de que las válvulas se mantengan abiertas durante la etapa de inyección.

Cuando el desbalance es tal que no se puede corregir térmicamente, la corrección es del herramental.

Desbalance en Moldes con Coladas Frías

En el caso de coladas frías la corrección no es tan simple. El desbalance podría ser a consecuencia de flujo y temperatura del agua por cavidad, podría ser que los conductos de agua están sucios, o podría ser un problema de diseño de molde.

Por ejemplo:

- Cavidades con el valor Vd_i positivo podrían estar recibiendo menos enfriamiento. Posiblemente hay una obstrucción en los conductos de agua.
- Cavidades con el valor Vd_i negativo podrían estar recibiendo mayor remoción de calor. Podría ser que los conductos de agua estén mal conectados.

Coladas que distribuyen el fundido a las cavidades con Vd_i negativo podrían ser agrandadas para facilitar el paso a estas cavidades. ¡Importante!, esta práctica debe ser únicamente desempeñada por técnicos herramentistas experimentados y conocedores de las técnicas.

Preguntas

- 1) Antes de verificar el balance del llenado,
 - a. se ajusta la velocidad de inyección igual a V_{95} , plastificación se ajusta a un llenado completo del molde, y el empaque se ajusta a una presión mínima.
 - b. la velocidad se ajusta a un 80% del requerido, la presión límite ha sido determinada y ajustada, y el empaque se ajusta a una presión promedio.
 - c. la velocidad de inyección ideal y la presión límite de inyección han sido determinadas y ajustadas y la etapa de empaque continúa apagada.

- 2) Escoja la correcta:
 - a. La verificación del balance del llenado se efectúa con un llenado algo mayor de un 95% del molde.
 - b. La verificación del balance del llenado se efectúa con un llenado incompleto, por ejemplo un 20% incompleto.
 - c. La verificación del balance del llenado se efectúa después de haber ajustado una posición de transferencia a empaque mínima.

- 3) El tiempo de inyección tiene mucho que ver con el balance de flujos y es por esto que se debe haber determinado y ajustado la velocidad de inyección antes de hacer un estudio de balance de flujos.
 - a. Cierto
 - b. Falso

- 4) En un análisis de balance de flujos, si el porcentaje determinado por medio de la ecuación de desviación de volumen es cero, el flujo es ideal.

$$(Vd_i = \left[\frac{W_i}{\left(\frac{W_T}{\# cavidades} \right)} - 1 \right] 100\% , i = 1 \text{ a } \# \text{ de cavidades})$$

- a. Cierto
- b. Falso

- 5) En un análisis de balance de flujos, si el porcentaje determinado por medio de la ecuación de desviación de volumen es
- positivo, el flujo está por encima de lo ideal.
 - negativo, el flujo está por debajo de lo ideal.
 - cero, el flujo es ideal.
 - todas las anteriores.
- 6) En un análisis de balance de flujos, se obtuvo:

Cavidad	Muestra 1	Muestra 2	Promedio	Desviación
1	3.42	3.42	3.42	-13.1%
2	4.36	4.37	4.365	10.9%
3	4.43	4.44	4.435	12.7%
4	3.47	3.47	3.47	-11.8%

- El resultado muestra una desviación negativa en las cavidades 1 y 4, indicando que son las primeras en llenarse.
 - El resultado muestra una desviación positiva en las cavidades 2 y 3, indicando que son las primeras en llenarse.
- 7) En un análisis de balance de flujos con coladas calientes (“*hot runners*”):
- Se puede compensar el flujo por zona cambiando la temperatura en las puntas calientes (“*hot drops*”) del sistema de coladas.
 - En el caso donde la desviación del volumen sea negativa, la temperatura de la punta caliente de esa cavidad debe ser disminuida.
 - En el caso donde la desviación es positiva, la temperatura de la punta caliente de esa cavidad debe ser aumentada.
- 8) Corregir el balance de flujos en moldes con coladas frías no es tan simple, ya que controlar el flujo de agua y sus temperaturas podría ser un problema de diseño de molde.
- Coladas y bebederos que distribuyen el fundido a las cavidades con una desviación de volumen positivo deben ser agrandadas para facilitar el paso a estas cavidades.
 - Coladas que distribuyen el fundido a las cavidades con una desviación de volumen negativo podrían requerir ser agrandadas para facilitar el paso a estas cavidades; únicamente efectuado por técnicos herramentistas experimentados y conocedores de las técnicas.