

Figura 8.13. Incremento de la temperatura en función de la velocidad

A la vista de los resultados podemos ver como a medida que aumentamos la velocidad, la temperatura en las superficies aumenta. Siendo las dos muestras aleadas con zirconia las que mayor incremento tienen, además estas dos son claramente más alta que el resto de las muestras, que están en un rango similar.

COEFICIENTE DE ROZAMIENTO COHESIVO, BOWDEN

Tenemos básicamente dos tipos de desgaste en las superficies:

- Desgaste cohesivo
- Desgaste abrasivo, o interferencial

En el siguiente gráfico, podemos ver la relación de estos dos desgaste en función de la rugosidad, en nuestro caso queremos que tenga un desgaste bajo en adherencia.

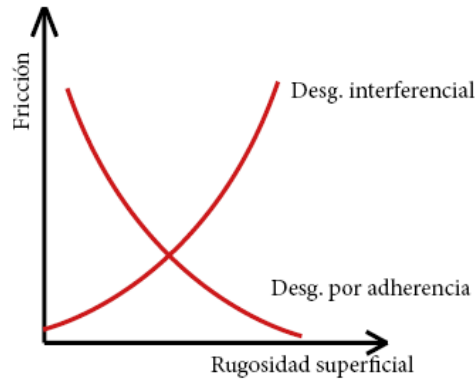


Figura 8.14. Tipo de desgaste en función de la rugosidad

Mediante la siguiente fórmula evaluaremos cual es el desgaste predominante en nuestro caso. En la fórmula debemos de calcular la C, se obtendrán unos valores comprendidos entre 0 y 1, como hemos indicado antes, nos interesan valores bajos de adherencia, por lo tanto, cercanos a 1.

$$\mu = \frac{C}{\alpha \sqrt{(1 - 2C)}}$$

Donde:

μ → Coeficiente de rozamiento

α → Conductividad térmica ($\frac{W}{K \cdot m}$)

C → Cte

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla

	30	40	60	80
NiCrBSi	0,4967	0,4965	0,4954	0,4944
NiCrBSi + 1% Al ₂ O ₃	0,4965	0,4958	0,4944	0,4936
NiCrBSi + 2% Al ₂ O ₃	0,4972	0,4968	0,4964	0,4958
NiCrBSi + 1% Zr ₂ O ₃	0,4998	0,4997	0,4997	0,4997
NiCrBSi + 2% Zr ₂ O ₃	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997

Tabla 8.14. Resultados del tipo de desgaste

A la vista de los resultados, podemos concluir que este factor no nos sirve para inclinarnos hacia ninguno de los recubrimientos, ya que los resultados son prácticamente iguales. Estos valores se encuentran en un rango intermedio, es decir ni predomina el desgaste adhesivo ni el interferencial.

9. Aplicación del recubrimiento en un molde

Para la mejor comprensión de la aplicación se explicará paso por paso un caso práctico de recuperación de un molde.

Los planos de dicho molde, se encuentran en el plano 1. Como únicamente tiene defectos en el plato cavidad, este será el que hay que analizar.

El primer paso, a realizar para recuperar el molde, será hacer un estudio de las grietas que tiene. En el detalle del plano 1, tenemos una vista de detalle de la grieta más grande encontrada. Esta tiene unas dimensiones de 0,78 mm de ancho y 0,15 mm de profundidad.

Una vez evaluado los problemas y las condiciones del molde nos ponemos a realizar la recuperación.

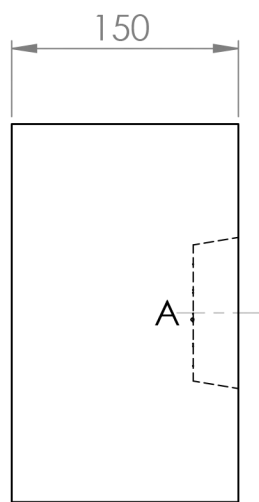
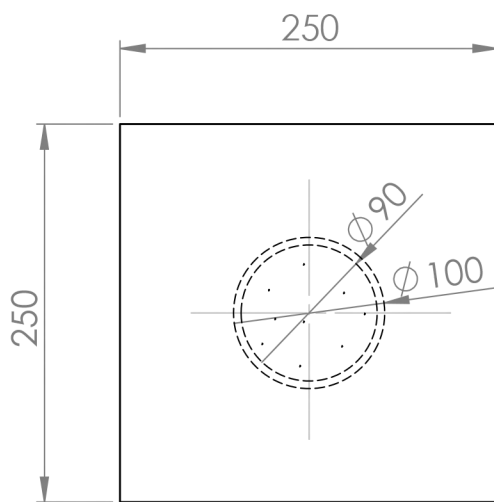
Lo siguiente que haremos será mecanizar una profundidad de 0,20 mm en toda superficie del plato dañado.

Luego, enmascararemos la parte del molde que no vaya a tener recubrimiento, para que los procesos siguientes no afecten a estas partes. Proseguiremos con la metodología especificada en el proyecto, para la preparación y proyección de la muestra. Se proyectará una capa de recubrimiento de 0,25 mm de espesor.

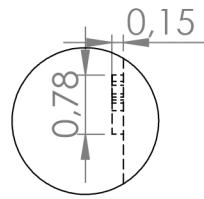
Por último, se pulirá, para conseguir el acabado que requiere un molde de inyección. En el plano 2 tenemos la parte del molde recuperada, lista para ser utilizada.

10. Conclusiones

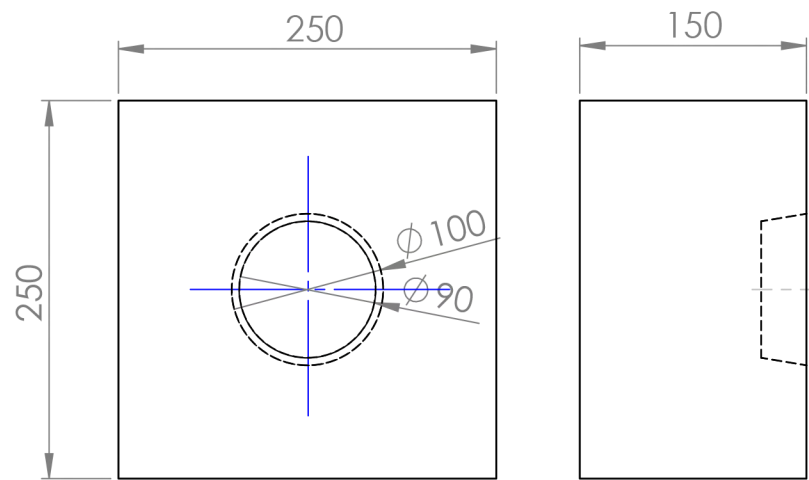
- Con un porcentaje de alúmina de 1%, la tendencia de desgaste no se modifica respecto al material sin refuerzo.
- Con un porcentaje de 2% de alúmina la tendencia al desgaste cambia, tiende a estabilizarse.
- Las muestras con zirconia también cambian de comportamiento, tienden a estabilizarse, pero de forma mucho menos pronunciada. Pero también es verdad que tiene una tasa de desgaste mucho mayor que el material sin refuerzo.
- Aunque levemente, la muestra con 2% de zirconia mejora con respecto a la que lleva 1% de zirconia. Sería interesante continuar la investigación con % de zirconia mayores.
- El recubrimiento de 2% de alúmina, es el que produce una mayor reducción del coeficiente de fricción con la velocidad. Y es el único que se encuentra por encima del material sin refuerzo.
- En los recubrimientos con zirconia se ha observado un alto incremento de la temperatura, para mayores velocidades de ensayos. Este dato concuerda con la tasa tan alta de desgaste observada anteriormente.
- Tanto en el recubrimiento sin refuerzo, como en los reforzados con alúmina no tiene apenas incremento de temperatura, cuando tenemos mayores velocidades de ensayo, además entre ellas tampoco se aprecia diferencia.
- Con ninguno de los aditivos cerámicos se ha modificado el modo de rozamiento, siendo en todos los casos, un tipo intermedio entre adhesivo e interferencial.
- A la vista de los resultados, podemos concluir que el mejor recubrimiento obtenido es el NiCrBSi + 2% Al₂O₃.
- Para estudios posteriores sería interesante ampliar este estudio a mayores porcentajes de los tratados en este trabajo.

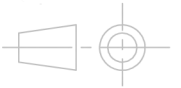


DETALLE A
ESCALA 10 : 1



Fecha: Julio 2014		Molde desgastado	Plano nº: 1
			Hoja nº: 1
	1: 5 mm	Desarrollo de recubrimientos metal-cerámica para mejorar la resistencia al desgaste de los molde de inyección	



Fecha: Julio 2014		Molde recuperado		Plano n°: 2	
				Hoja n°: 2	
		1: 5 mm	Desarrollo de recubrimientos metal-cerámica para mejorar la resistencia al desgaste de los molde de inyección		

12. Pliego de condiciones

12.1 Condiciones y parámetros en la realización de los ensayos en el laboratorio

El control de los parámetros y de las condiciones en las que se realizan los ensayos en el laboratorio es muy importantes, para asegurar la calidad y la fiabilidad de los datos obtenidos.

A continuación se van a indicar las condiciones con las que se ha trabajado, además de indicar las normas que se han tenido en cuenta para la realización de dichos ensayos.

Crear de las muestras

Cortar → tronzadora

Se han cortado las muestras en una tronzadora industrial, con muela de abrasivos, para que sufra deformación por acritud que sufriría, por ejemplo, si se hiciera con una sierra de cinta.

También se ha utilizado taladrina (agua y aceites) para que actúe como lubricante y refrigerante.

Desbastar → desbastadora

Con la desbastadora se quitan las rebabas y se matan los cantos, ya que estos son punto donde no se adhiere bien el recubrimiento. El disco abrasivo utilizado tiene una granulometría de 240 granos/mm².

Limpieza con ultrasonidos

La limpieza con ultrasonidos se realizará sumergiendo la pieza en un bote de acetona, que se introducirá en la máquina de ultrasonidos, aquí permanecerá 5 minutos, para garantizar que queda completamente limpia.

Preparar el material a proyectar

Materiales

Los materiales estarán cerrados en sus respectivos botes, para asegurar que no se contaminan con partículas que pueda haber en el aire.

Mezcladora

Se mezclarán lo materiales en polvo durante 5 min, para conseguir una mezcla completamente homogénea, esto es necesario para que después en la proyección no se quede el material mal repartido en el recubrimiento.

Preparación de las superficies

Limpieza con ultrasonidos

Como se ha dicho anteriormente se dejará actuar durante 5 minutos.

Granallado

Se realizará mediante lanzando partículas de alúmina, con la ayuda de aire comprimido, se realizará el tiempo necesario, hasta que la superficie que se quiere recubrir quede con una rugosidad homogénea.

Proyección térmica

En la proyección térmica, como se ha dicho anteriormente, es muy importante controlar los parámetros, ya que estos influyen directamente en la microestructura del recubrimiento y por lo tanto en el comportamiento de este.

Parámetros	Unidades	
Aire comprimido	3	bar
Oxígeno (O ₂)	4	bar
Acetileno (C ₂ H ₂)	0.7	bar
Apertura de la boquilla	2	-
Distancia	100	mm

Tabla 12.1 Parámetros de la proyección térmica

Ensayos en el tribómetro

Tribómetro

Las condiciones de los ensayos se pusieron en la parte experimental, tablas 7.3 y 7.4.

Báscula de precisión

Esta máquina es muy sensible, estamos trabajando con decimas de miligramos, además lo que estamos estudiando es la pérdida de masa de las muestras, por lo tanto, será necesario, para asegurarnos de tener bien tomadas las medidas tener un serie de pautas a la hora de tomar las medidas.

Será necesario comprobar, antes y después, de realizar el peso de la muestra que la balanza se ponga a cero, sino será necesario la limpieza de esta.

13. Viabilidad

13.1 Viabilidad técnica

La viabilidad técnica a la hora de recubrir los moldes, dependerá del molde en cuestión, es decir, se tendrá que comprobar, en primer lugar, que no nos encontremos ante ninguna de las limitaciones de las técnicas que vamos a usar: espesor máximo admisible del recubrimiento, geometrías, etc

Si cumple con las limitaciones propias de las técnicas, se puede afirmar que el proceso es totalmente viable, ya que existen los recursos y técnicas necesarios para su realización. El proceso sería el desarrollado en el proyecto.

13.2 Viabilidad económica

La viabilidad económica, como es lógico, se desarrollará en cada aplicación, en función de los daños que tenga, el coste del molde, la complejidad...

Otro aspecto importante, es el tiempo de reparación del molde. Puede darse la situación de que estos tiempos sean muy grandes, y sea necesario para la producción durante mucho tiempo. Estos costes de parada puede que sean mayores que lo que nos ahorramos recuperando el molde, por lo tanto diremos que no es viable económicamente.

13.3 Viabilidad legal

Se han ido consultando todas las normas necesarias para la realización del proyecto. Podemos asegurar que no existe ningún motivo legal que nos impida realizar el proyecto.

14. Estado de mediciones y presupuesto

Evaluación del molde

Máquina	Coste total de la máquina (€)	Estimación coste por hora (€/h)	Horas de uso (h)	Coste (€)
Equipo de partículas magnéticas	20.000	0,60	2,00	1,20

Tabla 14.1. Coste de la evaluación del molde

Preparación de la superficie

Máquina	Coste total de la máquina (€)	Estimación coste por hora (€/h)	Horas de uso (h)	Coste (€)
Fresadora	6.000	2,00	1,00	2,00
Chorreadora	6.000	2,00	0,25	0,50
Mezcladora	2.100	0,17	0,08	0,02
Báscula de precisión	320	0,03	0,05	0,0015
Total				2,52

Tabla 14.2. Coste de preparación de la superficie

Proyección térmica

Máquina	Coste total de la máquina (€)	Estimación coste por hora (€/h)	Horas de uso (h)	Coste (€)
Conjunto de proyección térmica	10.000	0,84	0,25	0,21
Total				0,21

Tabla 14.3. Coste de la proyección térmica

Rectificado y ajuste de tolerancias

Máquina	Coste total de la máquina (€)	Estimación coste por hora (€/h)	Horas de uso (h)	Coste (€)
Rectificadora	6.000	2,00	1,00	2,00
Total				2,00

Tabla 14.4. Coste del rectificado y ajuste de tolerancias

Material para recubrir

Material	Precio (€ / kg)	Cantidad usada (Kg)	TOTAL
NiCrBSi	75	0,00395528	0,296
Al ₂ O ₃	35	0,00008072	0,002
			0,30

Tabla 14.5. Coste de los materiales del recubrimiento

Actividad	Total
Evaluación del molde	1,20
Preparación de la superficie	2,52
Proyección térmica	0,21
Rectificado y ajuste de tolerancias	2,00
Material para recubrir	0,30
	6,22 €

Tabla 14.5. Costes finales según actividades

	Coste por hora	Horas que se necesita	Total de la mano de obra	Actividades + material + mano de obra
Mano de obra	30.5 €/h	14 h	427 €	433,22 €

Tabla 14.7. Coste de la mano de obra

Otros costes	Coste (€)
Costes indirectos (5%)	21,6610
Consumo eléctrico (5% de los ensayos)	0,3110
Total	455,192 €

Tabla 14.8. Otros costes

IVA (21%)	95,59 €
------------------	----------------

TOTAL	550,78 €
--------------	-----------------