5.18. PRUEBA 2 C-37.

5.18.PRUEBA 2 C-37 (01/04/02).

Se continúa en esta prueba con el objetivo de estudiar como afectan los distintos parámetros de la inductora del temple del dentado al proceso de fabricación. Se pretende determinar la influencia del cilindro empujador, del tiempo de calentamiento del dentado y del caudal de la ducha de la parte posterior del dentado a la dureza de dicha zona posterior (ver especificaciones metalúrgicas) y a la deformación de la pieza.

Las condiciones en las que se ha llevado la prueba han sido:

- Inductora del temple de la parte posterior del dentado:

Potencia de calentamiento	80%
Monitor de energía	1517
Velocidad de temple (mm/min)	700
Concentración de ducha	11.50
Temperatura ducha	29
Caudal de ducha (l/min)	

- Inductora del temple del dentado:

Potencia de calentamiento	5800
Monitor de energía	292
Tiempo de ducha (s)	12
Temperatura de ducha	36
Concentración de ducha	11.04
Caudal de ducha dentado (l/min)	84.1
Caudal de ducha back (l/min)	

  La posición del cilindro empujador se mantiene a partir de ahora a Xcil= 140mm.
- Temperatura de revenido: 200º C
- Programa de enderezado: 43
- Colada: 58991

Se introducen dos nuevas abreviaturas no utilizadas hasta ahora:

- Tcal: es el tiempo, en segundos, de calentamiento del dentado en el temple del mismo.
- Qb: es el caudal de la ducha de la parte posterior del dentado en l/min.

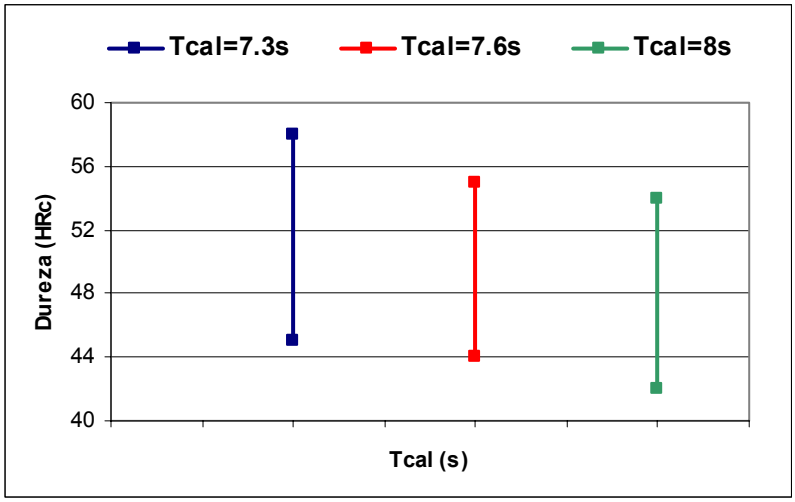
Para el estudio de cada parámetro se han fabricado una serie de piezas de las que se mostrarán los resultados obtenidos así como las conclusiones alcanzadas.

- **Influencia del tiempo de calentamiento en el temple del dentado en la dureza del back**: se toman tres piezas y se templan con distintos tiempos de calentamiento; el cilindro empujador está actuando y no hay ducha de la parte posterior del dentado (Qb= 0l/min).

Pieza	T cilindro	X cilindro	T cal	Qb (l/min)	TIR C-958	DF C-958	X pto. Max	TIR C-37	DF C-37	X pto. Max	Dureza
40	12s	140	7,3	0	1,14	0,73	152	-3,5	-1,75	169	58-45
39	12s	140	7,6	0	0,77	0,41	158	-4,35	-2,5	173	55-44
38	12s	140	8	0	0,68	0,36	145	-5,4	-2,72	157	54-42

Tabla 2C-37.1

Los valores mostrados de dureza (medidos en HRc) corresponden al máximo y al mínimo de todos los tomados según las especificaciones en la zona que estamos estudiando. Si se representa el tiempo de calentamiento frente a la dureza obtenida se tiene:



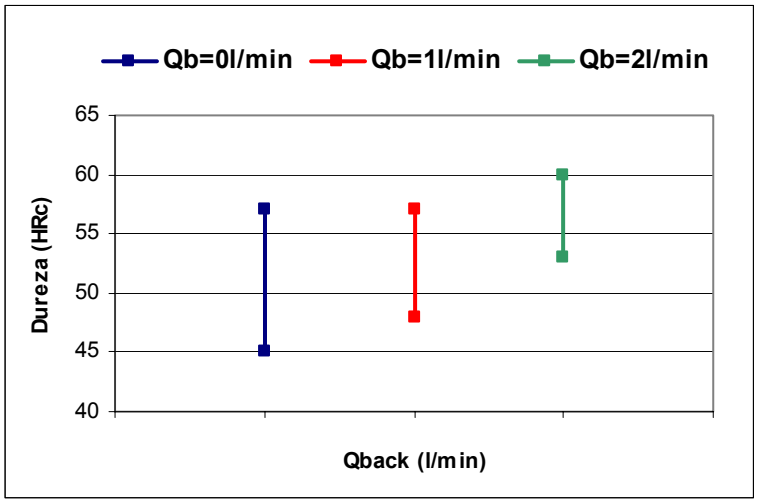
Se comprueba, por tanto, que conforme aumenta el tiempo de calentamiento del dentado la dureza en la parte posterior del mismo disminuye, esto se debe a que le llega más calor a esa parte de la pieza lo que hace que se produzca una especie de revenido y decrezca su dureza.

- **Influencia del caudal de la ducha del back en la dureza de la parte posterior del dentado**: se toman tres piezas y se templan empleando distinto caudales de dicha ducha; prescindimos del cilindro empujador y se fija el tiempo de calentamiento.

Pieza	T ducha	T calen	Qb (l/min)	TIR C-958	DF C-958	X pto. Max	TIR C-37	DF C-37	X pto. Max	TIR horno	DF horno	X pto. Max	Dureza
41		7,3s	0	0,58	0,35	148	-1,4	-0,67	140	-0,18	-0,1	180	57-45
43	12s	7,3s	1	0,95	0,6	140	0,8	0,54	147	1,5	1	174	57-48
42	12s	7,3s	2	0,8	0,5	145	1,2	0,67	156	1,7	1,1	165	60-53

Tabla 2C-37.2

Ahora se mide ha medido la dureza después del revenido. La especificación de dureza en las generatrices que estamos estudiando es la misma después del temple del dentado que después del revenido, mínimo 50 HRc. En realidad, con las condiciones de revenido que trabajamos no debe bajar la dureza de la pieza, tan sólo eliminar las tensiones residuales. Representando el caudal frente a la dureza:



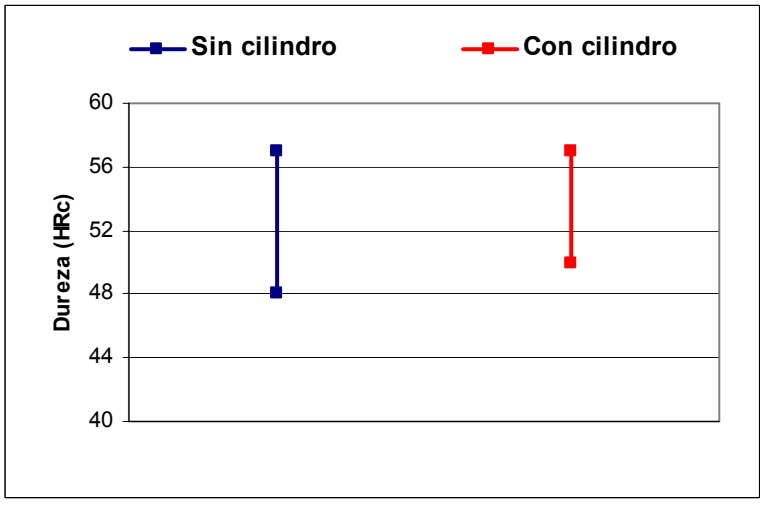
Conforme aumenta el caudal de la ducha en la parte posterior del dentado la dureza en esa zona también aumenta. Se comprende ahora de forma clara el objeto de dicha ducha, que no es otro que el de mantener esa zona de la pieza a baja temperatura para evitar que se produzca esa especie de revenido comentado antes causante de la disminución de la dureza.

- **Influencia del cilindro empujador en la dureza de la parte posterior del dentado**: se hace una pieza con el cilindro empujador actuando y otra sin él; el caudal del back y el tiempo de calentamiento se mantienen fijos.

Pieza	T cil	X cil	T ducha	T cal	Q (l/min)	TIR C-958	DF C-958	X pto. Max	TIR C-37	DF C-37	X pto. Max	TIR horno	DF horno	X pto. Max	Dureza
43	0		12s	7,3	1	0,95	0,6	140	0,8	0,54	147	1,5	1	174	57-48
44	12s	140	12s	7,3	1	0,61	0,37	146	-1,5	-0,61	158	0,45	0,2	120	57-50

Tabla 2C-37.3

Representando la dureza de estas dos piezas:

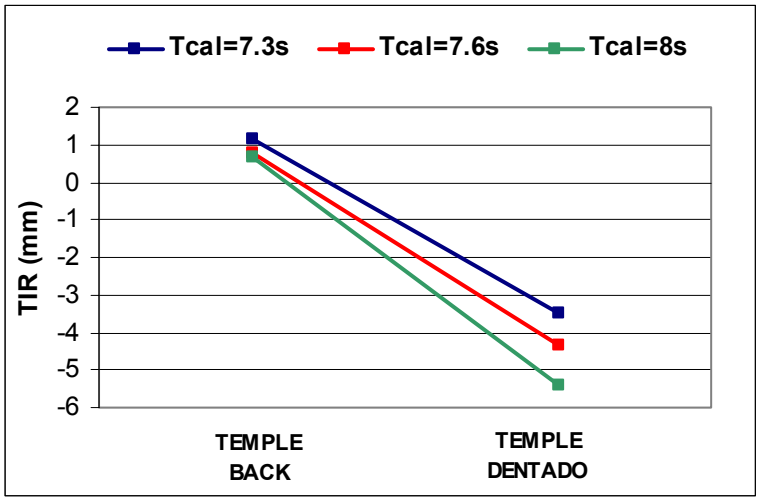


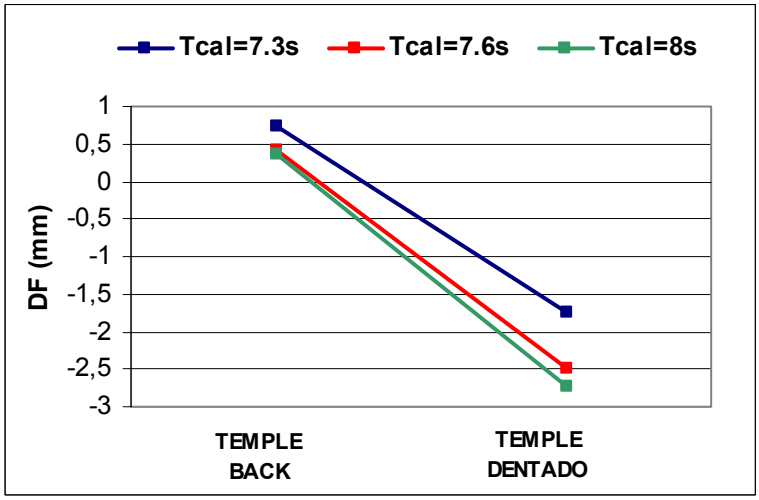
De aquí no se puede concluir que la presencia del cilindro empujador afecte a la dureza de la pieza.

Por tanto, según esto, desde el punto de vista de la dureza interesa un tiempo bajo de calentamiento (compatible, por supuesto, con las especificaciones del temple) y un caudal de la parte posterior del dentado alto, pero sin que dicho caudal llegue a rebosar por el dentado durante el calentamiento.

Se analiza a continuación la influencia de los mismos factores en la deformación de la pieza:

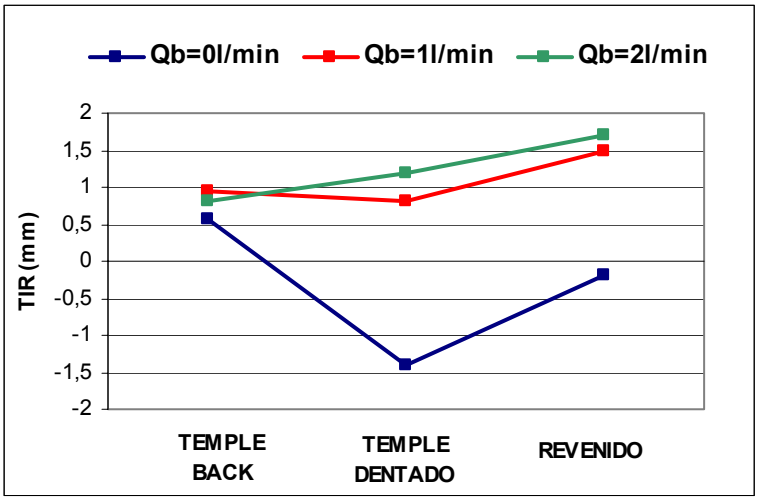
- **Influencia del tiempo de calentamiento en el temple del dentado en la deformación de la pieza**: representando los valores de deformación que se muestran en la tabla 2C-37.1 se tiene:

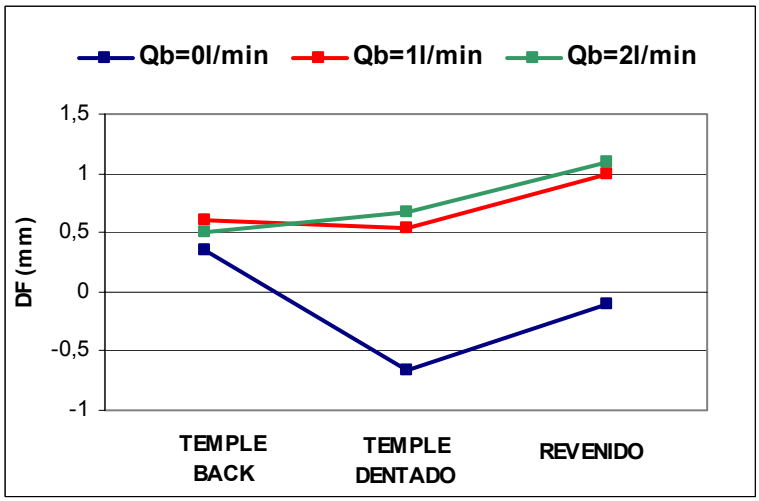




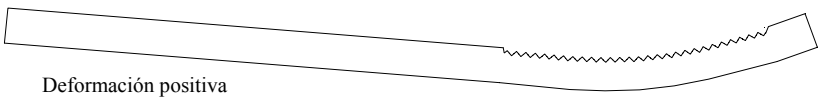
Según se observa, la diferencia entre las deformaciones de las piezas antes y después del temple del dentado son muy similares, luego la influencia en la deformación de la pieza del tiempo de calentamiento en el rango considerado no es muy significativa.

- **Influencia del caudal de la ducha de la parte posterior del dentado en la deformación de la pieza**: representando, en este, caso los valores de deformación de las piezas de la tabla 2C-37.2 obtenemos:





Según muestra el gráfico, conforme baja el caudal en la zona del back la deformación disminuye cada vez mas cuando se templa el dentado, llegándose incluso a deformarse la pieza en sentido negativo. La pieza puede, como vemos, deformarse tanto en sentido negativo en el temple del dentado, que el aumento de la deformación (en sentido positivo) durante el revenido no sea suficiente para pasar la pieza a una deformación positiva.

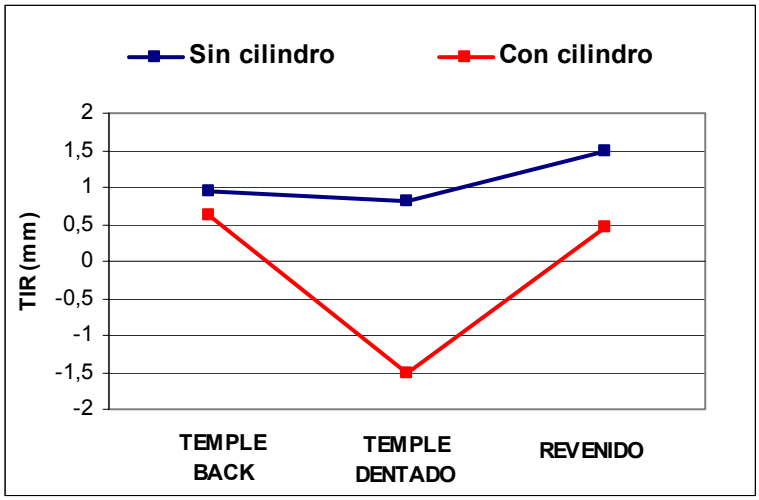


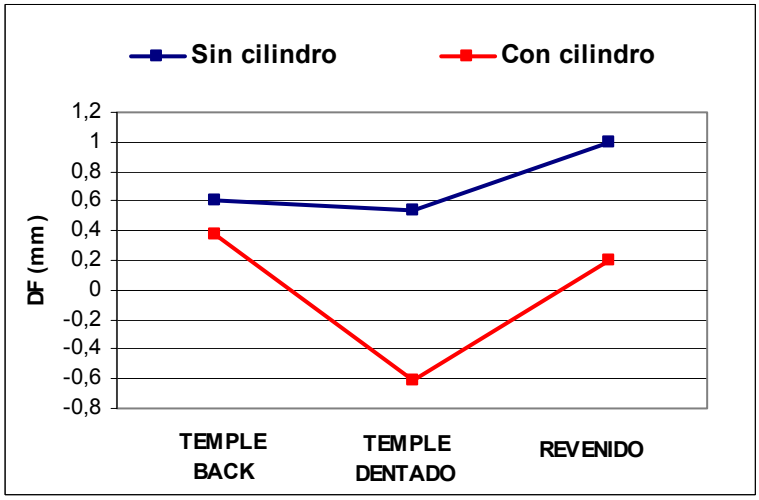
Deformación positiva

Deformación negativa

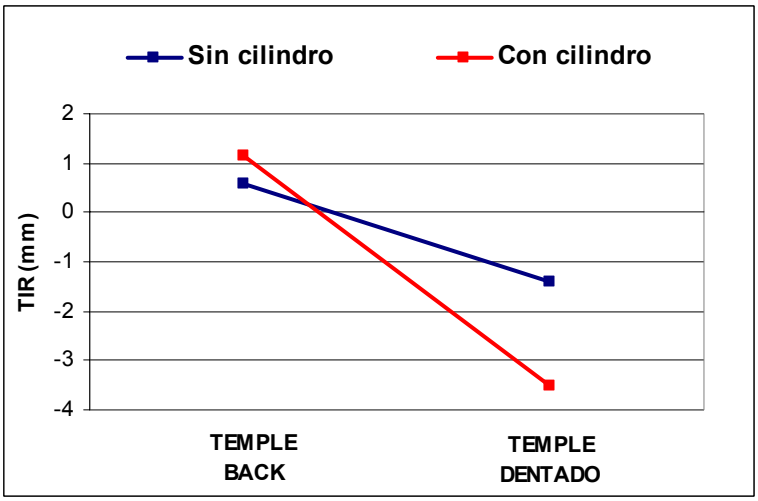
Si actuara el cilindro empujador, la deformación en sentido negativo sería incluso más grande después del temple del dentado y del revenido, como se puede ver en las siguientes representaciones:

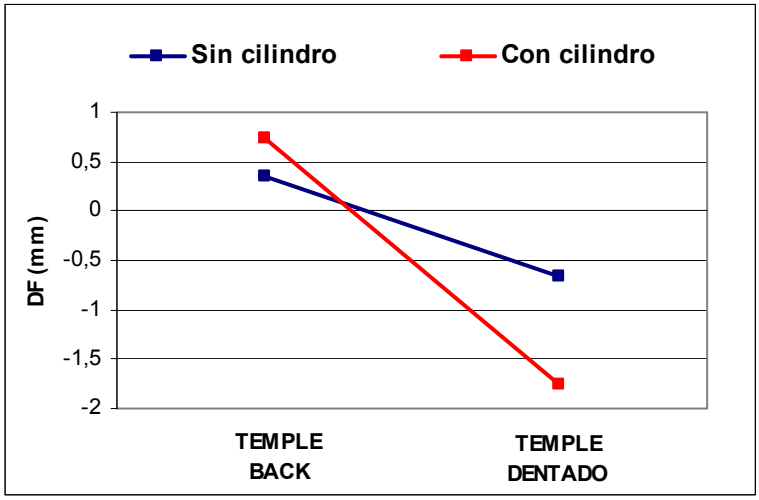
Pieza	T cil	X cil	T ducha	T cal	Q (l/min)	TIR C-958	DF C-958	X pto. Max	TIR C-37	DF C-37	X pto. Max	TIR horno	DF horno	X pto. Max	Dureza
43	0		12s	7,3	1	0,95	0,6	140	0,8	0,54	147	1,5	1	174	57-48
44	12	140	12s	7,3	1	0,61	0,37	146	-1,5	-0,61	158	0,45	0,2	120	57-50





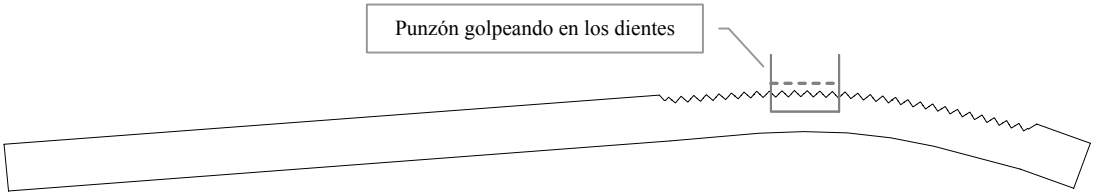
Y un ejemplo para ausencia de caudal en la ducha del back:





Por tanto, desde el punto de vista de la deformación se ha visto que el caudal de la ducha de la parte posterior del dentado en el temple del dentado juega un papel fundamental pudiendo obtener piezas a nuestro antojo con deformaciones positivas o negativas. Sin embargo, también se ha visto que esta implicación es igual de importante en la dureza de dicha zona. Las condiciones ideales de este caudal sería pues, el más bajo que proporcionase la menor deformación posible en sentido positivo después del revenido y una dureza que cumpla las especificaciones exigidas.

Se ha comentado que la deformación ideal tras el revenido debe ser en sentido positivo, porque si fuese al contrario cuando la pieza llegue al enderezado sería golpeada preferentemente sobre los dientes de la cremallera, corriendo mucho mayor riesgo de deformaciones de los mismos en esos puntos de golpeo, lo que llevaría consigo, con toda seguridad, un pico excesivo de par cuando se monte la dirección completa, teniendo que rechazar al final el conjunto entero.



La explicación de la deformación de la pieza y de su respuesta ante la modificación de los factores estudiados se verá en un capítulo posterior dedicado exclusivamente a ello.