

5.8. PRUEBA 8.

5.8.PRUEBA 8 (06/03/02).

Aprovechando que tenemos una deformación relativamente baja, en comparación a cómo estábamos al principio, debido a la instalación del cilindro empujador, se estudia la estabilidad de la deformación a lo largo de este mes. Para ello se van a ajustar, en esta prueba, los dos inductores de la inductora del temple de la parte posterior del dentado con el fin de obtener la menor deformación posible después de esta operación y en las sucesivas pruebas se modificará los parámetros del programa de enderezado optimizándolo a la deformación que vayan teniendo las piezas.



Útil para el ajuste de inductores en la inductora del temple de la parte posterior del dentado

Para esta prueba se han pasado 30 piezas por todo el proceso de mecanizado y se han tomado los datos de la deformación a la entrada de la enderezadora M01, M02, M03, M04, M07, M09 y M10 así como el tiempo de enderezado de cada una de ellas.

Las condiciones en las que se han llevado a cabo la prueba son:

- Inductora del temple de la parte posterior del dentado:

Potencia de calentamiento	80%
Monitor de energía	1523
Velocidad de temple (mm/min)	700
Concentración de ducha	12,42%
Temperatura ducha	31,9
Caudal de ducha (l/min)	

- Inductora del temple del dentado:

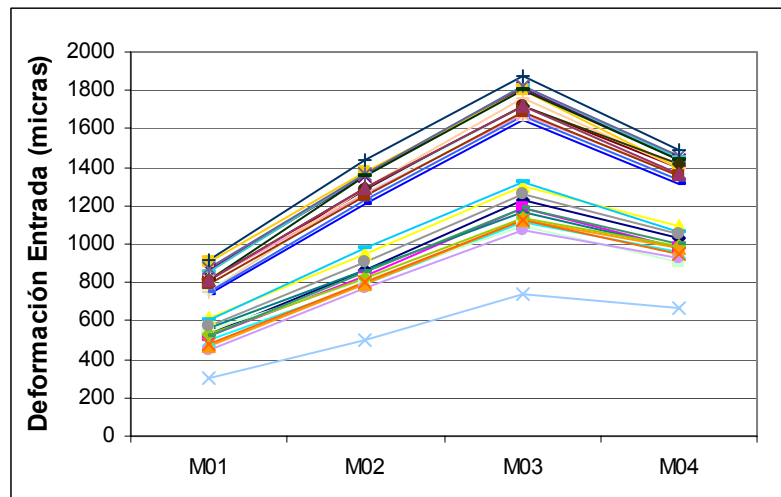
Potencia de calentamiento	5800
Monitor de energía	387
Tiempo de ducha (s)	8
Temperatura de ducha	39°C
Concentración de ducha	13,34%
Caudal de ducha dentado (l/min)	82,26
Caudal de ducha back (l/min)	3,3

- Temperatura de revenido: 200° C.
- Programa de enderezado: 43.
- Colada: 57773

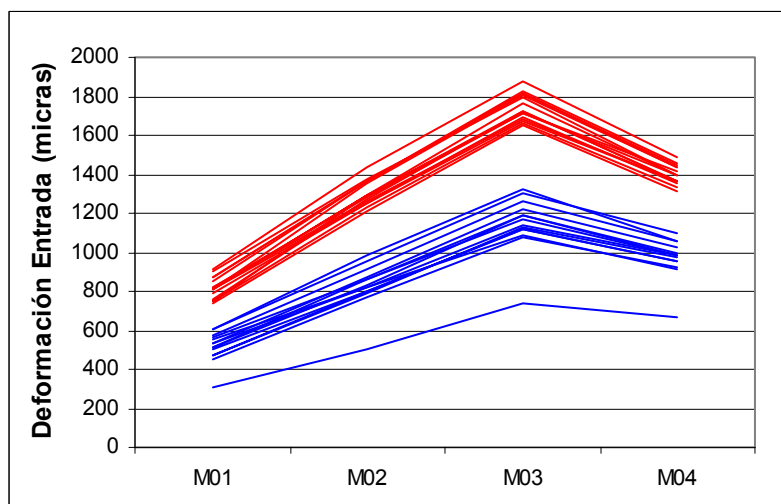
Los resultados que se han obtenido son:

M01	M02	M03	M04	M09	M10	M07	Tc
533	869	1225	1028	605	747	60	31
516	833	1185	984	591	714	62	31
610	950	1298	1094	618	786	92	24
505	796	1118	958	549	700	75	30
867	1359	1811	1440	843	1001	128	44
816	1279	1717	1393	808	979	119	35
561	861	1171	984	556	705	90	36
739	1213	1649	1313	787	922	83	44
605	981	1323	1058	621	740	98	24
757	1273	1720	1367	819	956	55	66
552	817	1090	908	507	645	121	30
822	1264	1682	1360	781	951	134	58
304	504	741	671	381	508	80	30
810	1256	1673	1363	785	960	126	48
449	770	1073	922	523	672	69	57
752	1290	1759	1392	840	975	70	61
747	1232	1666	1337	787	939	72	49
855	1363	1819	1445	854	1009	116	42
534	819	1134	986	549	721	90	29
907	1374	1800	1393	823	950	181	65
468	791	1125	979	561	723	33	38
474	798	1121	953	551	695	42	44
874	1367	1828	1455	876	1012	129	51
573	911	1258	1054	607	758	81	31
916	1436	1873	1485	850	1023	138	63
516	857	1191	995	581	718	44	45
810	1352	1807	1439	848	1003	111	83
814	1289	1715	1414	802	100	117	43
794	1255	1691	1354	802	949	125	52
811	1295	1720	1367	802	950	110	46

Si representamos gráficamente las medidas de la pieza a la entrada de la enderezadora obtenemos:

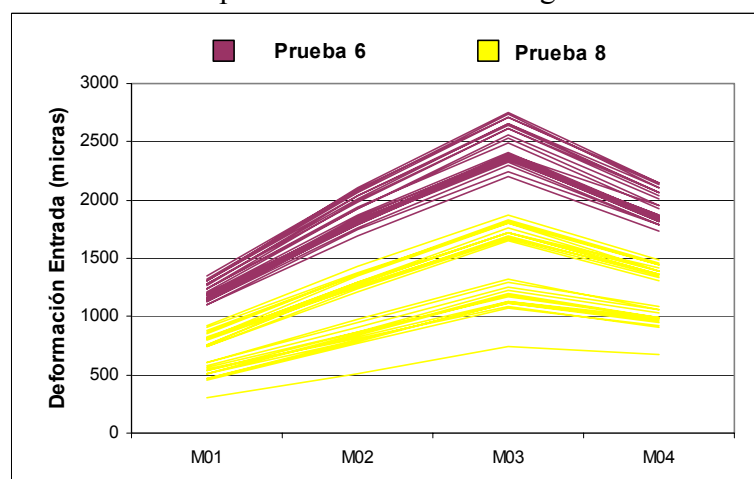


Podemos observar como hay claramente diferenciadas dos familias de piezas:



A pesar de que hemos ajustado mecánicamente los inductores que realizan el temple posterior de la zona del dentado la aparición de nuevo de las dos familias indica que el problema persiste. Esto nos indica que sigue habiendo diferencias entre un inductor y otro que tendremos que solventar.

Si comparamos a continuación la deformación que hemos conseguido en esta prueba con la que teníamos en la prueba 6 obtenemos lo siguiente:



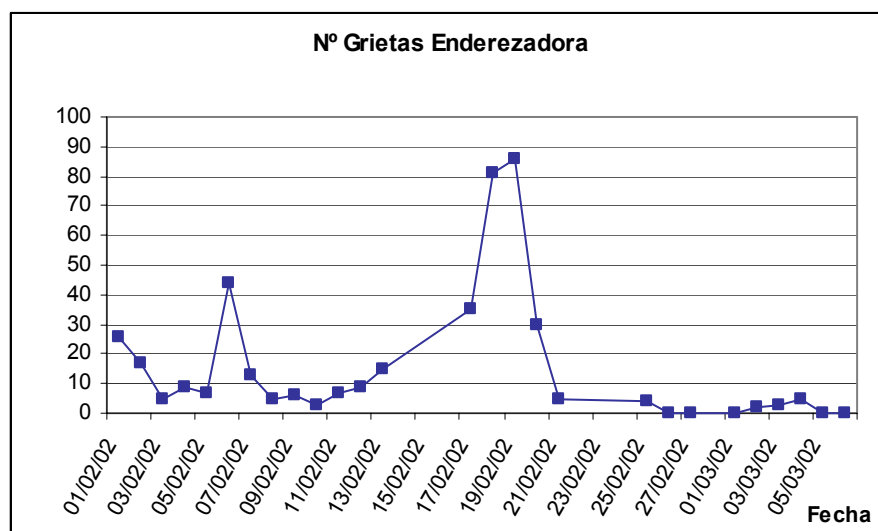
Podemos observar como incluso las piezas de la familia 2 en esta prueba 8 tiene mucho menos deformación que cualquiera de las piezas pertenecientes a la prueba 6. Se ha mejorado la deformación con respecto a la anterior prueba 6 entre 1 y 1.5 milímetros. Por tanto, cabe preguntarse ahora que es lo que ha cambiado en el proceso o en el producto de una prueba a otra. Comparando las condiciones en las que se han llevado a cabo ambas pruebas tan sólo dos características son claramente diferenciadas:

- Por una parte tenemos el ajuste de los inductores, que si bien pueden contribuir a mejorar la deformación de la pieza también son los causantes de las dos familias y por consiguiente de un enderezado mas difícil por tener piezas muy distintas. Nuestro objetivo es conseguir una baja deformación y además agrupada en una sola familia.
- La otra diferencia es el caudal de la ducha de la parte posterior del dentado en la inductora del temple del mismo. El objeto de esta ducha no es otro sino el de evitar un excesivo calentamiento de esta parte de la pieza, mientras se calienta el dentado, lo que provocaría una disminución de la dureza en la zona que previamente hemos templado en la máquina anterior.

Dados los resultados obtenidos en esta prueba hemos de poner especial atención en las sucesivas para ver que es lo que va cambiando tanto en el proceso como en el producto y definir nuestras próximas variables a estudiar.

Control del número de grietas.

Se representa a continuación el número de grietas que se han producido hasta la fecha de realización de esta práctica:



Se observa en el gráfico anterior que el número de grietas es mas bajo y estable a partir del 21 de Febrero. Esta disminución de las grietas se debe sin duda alguna y sobre todas las demás cosas a la mejora conseguida en la deformación de las piezas tras el tratamiento térmico, aunque la optimización del programa de enderezado también contribuye pero en mucha menor medida.

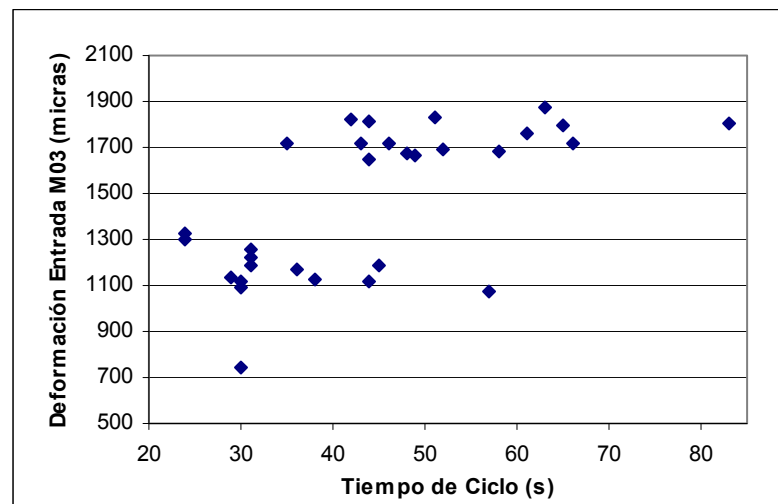
Se puede, entonces, empezar a pensar que el medio que tenemos para eliminar la aparición de grietas en un periodo corto de tiempo es intentar reducir al mínimo la deformación de la pieza en el tratamiento térmico y optimizar de una forma adecuada el programa de enderezado, ya que cualquier intento de cambio de especificaciones del material o del proceso conllevaría muchísimo tiempo y no es seguro que se consiguieran las aprobaciones por parte del cliente.

Control del programa de enderezado.

Antes de tomar los datos de esta prueba 8, y debido a que se había reducido la deformación inicial en las piezas se modifica el programa de enderezado (programa 43) en los siguientes parámetros con el fin de optimizarlo a las piezas actuales:

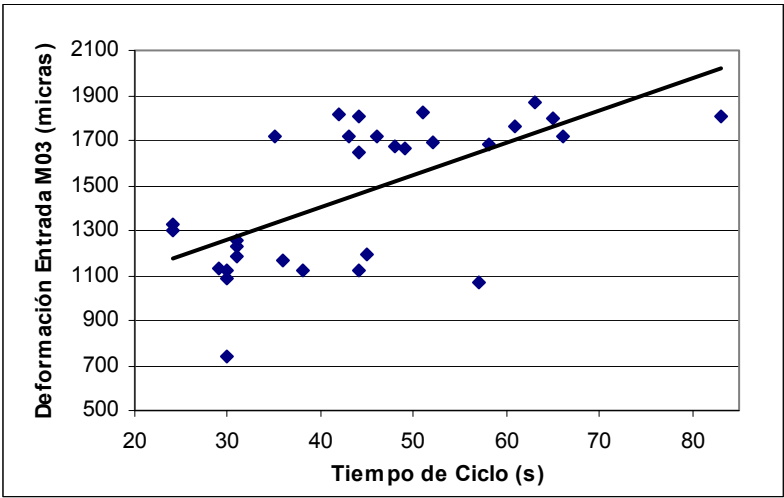
- Fase 02: Flecha base: 3.4 $\rightarrow$ 2.8
- Fase 06: Flecha base: 3.2 $\rightarrow$ 3
- Fase 08: Flecha base: 4.2 $\rightarrow$ 3.5
- Fase 14: Flecha base: 2.3 $\rightarrow$ 2
 - Tolerancia de enderezado: 80 $\rightarrow$ 100
 - Incremento base: 0.1 $\rightarrow$ 0.05
 - Nivel 1: 0.2 $\rightarrow$ 0.1
 - Nivel 2: 0.3 $\rightarrow$ 0.2
- Fase 16: Flecha base: 2.3 $\rightarrow$ 2.2
 - Tolerancia de enderezado: 80 $\rightarrow$ 100

Con estas modificaciones realizadas el tiempo medio de ciclo de enderezado para estas piezas se concluyó en 44.33 segundos. El ciclo medio para las piezas de la familia 1 (la de menor deformación) es de 34.3 segundos, y para las de la familia 2 de 53.12 segundos. Esto se puede observar con facilidad en el siguiente gráfico:



La diferencia entre el tiempo de ciclo de una familia y otra pone de manifiesto lo anteriormente mencionado en pruebas anteriores de que un programa de enderezado es óptimo solamente para una determinada deformación de pieza, de ahí nuestro empeño en tener solamente una familia.

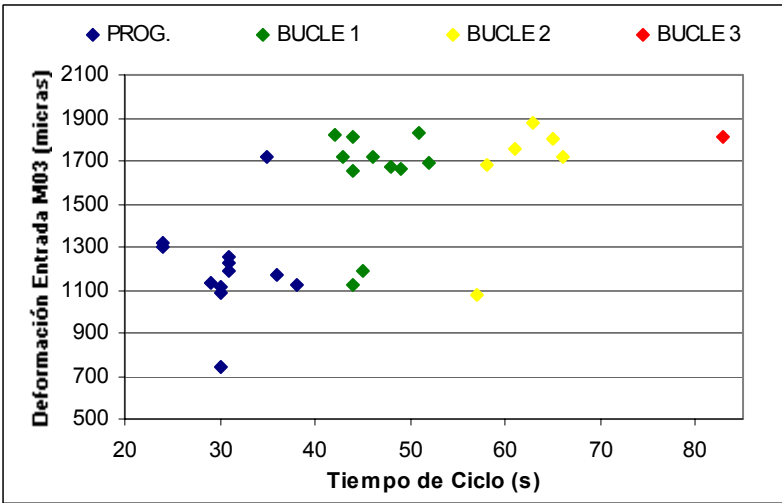
Si creamos en el gráfico anterior una línea de tendencia podremos observar como las piezas de menor deformación tardan menos en enderezarse y las de mayor deformación mas, cosa que no teníamos al principio del proyecto:



Otra cosa que se puede observar en este tipo de gráfico es el bucle en el que se termina el enderezado de la pieza en cuestión. El programa 43 tiene corre entero la primera vez y después tiene cuatro bucles mas desde una fase intermedia. Veamos que porcentaje de piezas terminan su proceso de enderezado en cada uno de estos bucles:

	Prog.	Bucle 1	Bucle 2	Bucle 3	Bucle 4
Familia 1	36,6%	6,6%	3,3%	0,0%	0,0%
Familia 2	3,3%	30,0%	16,6%	3,3%	0,0%
Total	40,0%	36,6%	20,0%	3,3%	0,0%

A continuación se puede observar en el siguiente gráfico cuales son cada una de estas piezas, señalando cada bucle de distinto color:



Según lo anterior tenemos que la mayoría de las piezas de la familia 1 se enderezan la primera vez que corre el programa, es decir no se realiza ningún bucle, mientras que la mayoría de las piezas de la familia 2 necesitan para ser enderezadas el primero de los bucles y un poco en menor medida el segundo, de ahí la diferencia entre los tiempos medio de ciclo de ambas familias.

Después de terminar de coger los datos de esta prueba se realizan los siguientes ajustes en el programa de enderezado por considerar que presenta algunas pequeñas deficiencias fácilmente solucionables:

- Fase 02: Tolerancia de enderezado: 1000 → 650
Flecha base: 2.8 → 2.9
- Fase 10: Salto de fase: 80

A la vista de los resultados obtenidos en esta prueba ahora mismo se está cumpliendo el tiempo de ciclo de enderezado exigido para las necesidades de producción, pero por el contrario seguimos sin eliminar por completo el tema de grietas y no se tiene claro aún que es lo que ha provocado exactamente la disminución de la deformación de las piezas, tras el tratamiento térmico, de la prueba 6 a la prueba 8.