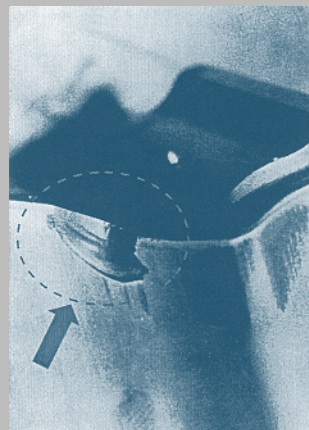


## **CPM® Rex M4** *alto rendimiento*

*alta tenacidad*  
*alta resistencia a desgaste*  
*alta resistencia a compresión*



**F521 - 58 HRc**  
máx. 20.000 golpes  
Desgaste 0,15 mm.  
+ rotura



**CPM Rex M4 - 59 HRc**  
> 60.000 golpes  
Desgaste 0,05 mm.

# CPM® Rex M4

*Es un acero rápido pulvimetalúrgico de alto rendimiento desarrollado según el procedimiento CRUCIBLE, un avanzado proceso pulvimetalúrgico.*

CPM® Rex M4 responde a altas exigencias y está concebido de manera que garantice una gran resistencia al desgaste, así como una excelente estabilidad de las aristas de corte de las herramientas. Su alto contenido en Vanadio y en Carbono da a las herramientas de corte y de deformación en frío una excelente resistencia al desgaste, permitiendo un alto rendimiento en la fabricación, así como grandes velocidades de corte. CPM® Rex M4 se distingue por una resistencia al desgaste más alta que la de los aceros para trabajo en frío con alto contenido en Cromo y acero rápidos convencionales. En razón de su fabricación por proceso pulvimetalúrgico CRUCIBLE, CPM® Rex M4 se comporta mejor a la rectificación que el acero rápido y presenta una tenacidad más alta que la calidad AISI M2 ó 1.3343.

## **Análisis**

Carbono	1,35 %	Vanadio	4,00 %
Manganeso	0,30 %	Tungsteno/Wolframio	5,75 %
Silicio	0,30 %	Molibdeno	4,50 %
Cromo	4,25 %		

## **Aplicaciones típicas**

Herramientas de corte y estampación de alto límite elástico e inoxidable, punzones, herramientas de corte fino, cuchillas cizalladoras, cuchillas circulares, herramientas de compactación de polvos para piezas sinterizadas, útiles de extrusión y estirado en frío, herramientas para la fabricación de tornillos, tuercas y bulones, herramientas para plegado y prensado, brochadoras, escariadores, peines de roscar, fresas. Estas son sólo algunas de las aplicaciones típicas. Para sus aplicaciones particulares, Vd. debería proceder a un exámen detallado y evaluar la posibilidad de empleo de este nuevo acero de alto rendimiento.

## **Temperatura crítica de transformación**

Ac1 841°C

## **Forjado**

Para el forjado es preciso calentar el acero lenta y uniformemente a una temperatura de 1040-1090°C y mantenerlo durante el tiempo suficiente para asegurar un calentamiento uniforme en el centro de la pieza. Cuando la temperatura baja de los 900°C es indispensable recalentar la pieza.

Después del proceso de forjado es preciso dejar enfriar la pieza lentamente en un medio aislante dentro del horno.

## **Recocido**

Después del forjado y antes de someter el acero a un nuevo temple es necesario realizar un nuevo recocido. A fin de obtener un recocido total, es preciso calentar el acero una temperatura de 870°C. Mantener durante dos horas antes de enfriarlo lentamente en un horno a una velocidad de enfriamiento máxima de 5°C por hora hasta llegar a 540°C. Si se desea se puede después dejar enfriar el acero al aire libre. En caso de recocido oscilante, es necesario calentar el acero a una temperatura de 870°C y mantenerlo durante 2 horas, después enfriar en el horno a 760°C y mantener de 4 a 6 horas a esta temperatura. Después se puede dejar enfriar al aire libre. Se recomienda realizar el recocido en un horno de atmósfera controlada.

## **Eliminación de tensiones**

Tras el desbastado, es necesario efectuar un recocido calentando el acero a 600-700°C. Una vez que la pieza ha sido calentada uniformemente se puede dejar enfriar en un horno hasta 500°C aprox y después al aire libre.

## **Temple**

Para el temple de CPM® Rex M4, se utilizan habitualmente dos etapas de precalentamiento 450-500°C / 850-870°C.

Después se pasa rápidamente de la temperatura de precalentamiento a la temperatura de temple de 1100 a 1200°C.

Se recomienda el baño de sales para temperaturas de 1100 a 1200°C según la aplicación prevista. Es preciso evitar sobrecargar el baño de sales utilizado para el temple, pues los lotes de piezas frías provocan una caída importante de la temperatura. Para las herramientas de corte se empleará preferentemente una gama de temperaturas superior, sea 1170 a 1200°C.

En lo que se refiere a herramientas para deformación en frío que exigen una mayor tenacidad se elegirán temperaturas de temple de la gama inferior, sean 1100-1170°C.

## **Enfriamiento**

El enfriamiento puede hacerse en aceite, en un baño de sales, o al vacío. Se recomienda proceder al enfriamiento en un baño de sal a 550°C aprox. Este baño suministra superficies limpias y reduce el riesgo de deformaciones anormales. Para piezas de un diámetro de hasta aprox 20 mm., el enfriamiento puede hacerse con aire

comprimido o con un gas comprimido (horno de vacío). Para secciones superiores, el enfriamiento en estas condiciones puede ser más lento. Además se puede obtener una dureza más baja.

El temple al aceite da la dureza correcta, pero el riesgo de deformación es más importante. Cuando se utiliza el enfriamiento en baño de sal, es preciso dejar la herramienta en el baño hasta que alcance la temperatura del baño. Después hay que sacarla del baño y dejarla enfriar al aire libre. El enfriamiento de herramientas voluminosas en un baño de sal conduce en general a una dureza un poco más débil que el temple en aceite. Cualquiera que sea el procedimiento de temple empleado, es necesario en todos casos enfriar las herramientas hasta una temperatura inferior a 50°C, hasta que se pueda coger con la mano.

### Enderezado

Si resulta necesario enderezar la pieza, es recomendable hacerlo durante el temple a una temperatura no inferior a 210°C.

### Revenido

El revenido debe hacerse inmediatamente después del enfriamiento por debajo de 50°C, permitiendo coger la pieza con la mano. Se puede hacer variar la temperatura de revenido según la aplicación prevista y la dureza exigida. Se recomienda repetir el proceso de revenido tres (3) veces a una temperatura constante (~560°C). Este triple revenido es necesario, para ello se calienta la pieza por ejemplo a 560°C

### Dureza HRc

Se procede a la austenización como se indica en la siguiente tabla y se procede a los revenidos 2+2+2 horas a las temperaturas indicadas.

Revenido °C	Dureza HRc		
	Temperatura de austenización		
	1120°C	1160°C	1200°C
<i>Dureza de temple</i>	64/66	64/66	64/66
540	63/65	63,5/65,5	64/66
550	62/64	63/65	64/66
560	61/63	62,5/64,5	63,5/65,5
580	60/62	61/63	62/64
590	58/60	59/61	61/63

### Tenacidad - Resistencia al impacto

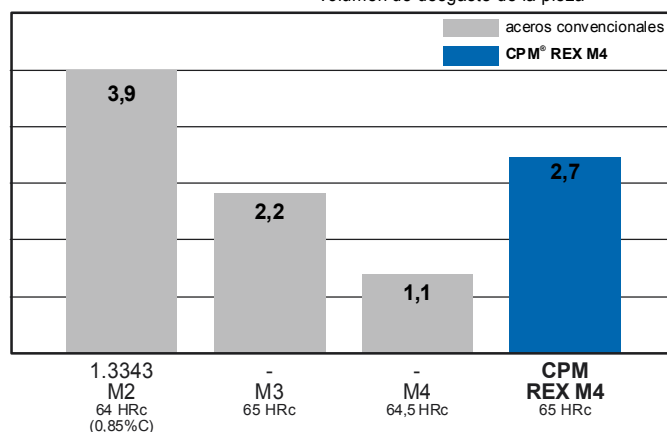
Dado que CPM® Rex M4 contiene carburos de muy reducido tamaño y uniformemente repartidos, presenta un tamaño de grano más fino y una mejor tenacidad que los aceros clásicos de análisis análogo. De hecho CPM® Rex M4 tiene una tenacidad superior a la calidad 1.3343/AISI M2 y permite sustituir de forma ideal a los aceros convencionales M2 ó M3 cuando se precisa gran resistencia al desgaste y gran tenacidad a durezas de 64/65 HRc.

Se observará que reduciendo la dureza del acero CPM® Rex M4 se aumenta considerablemente la resistencia al choque. Esto resulta muy interesante para la mayoría de las aplicaciones de deformación en frío.

### Rectificación

Según ensayos y experiencias prácticas adquiridas, se comprueba que el acero de alto rendimiento CPM® Rex M4 se comporta de 2 a 3 veces mejor en la rectificación que los aceros clásicos de análisis químico análogo. Esta aptitud a la rectificación es debida a los carburos primarios finos y uniformemente repartidos. Las ventajas resultantes de esta mejor aptitud a la rectificación son entre otras una calidad superficial mejorada, una reducción de daños en caso de defectos durante el rectificado, una reducción del desgaste de muelas y la posibilidad de eliminar las muelas de diamante para trabajos de rectificado difíciles.

**Factor de rectificación**  $\frac{\text{volumen metal arrancado}}{\text{volumen de desgaste de la pieza}}$



### Nitruración

Tanto los aceros rápidos clásicos como CPM® Rex M4 pueden ser nitrurados. La nitruración aumenta la resistencia al desgaste y reduce la tendencia a la adhesión, que pueden manifestarse a lo largo de los trabajos con materiales blandos.

Las herramientas destinadas a la nitruración deberán haber sido previamente rectificadas y pulidas.

La dureza de capa alcanzada oscilará entre 1050-1100 HV<sub>1</sub> aproximadamente.

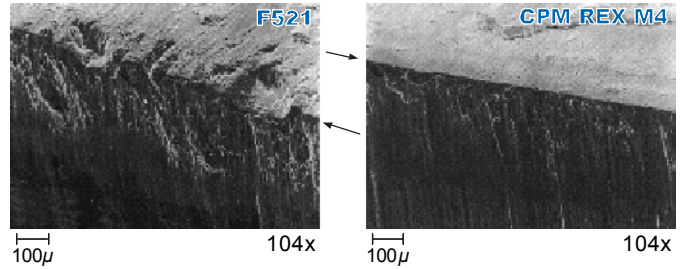
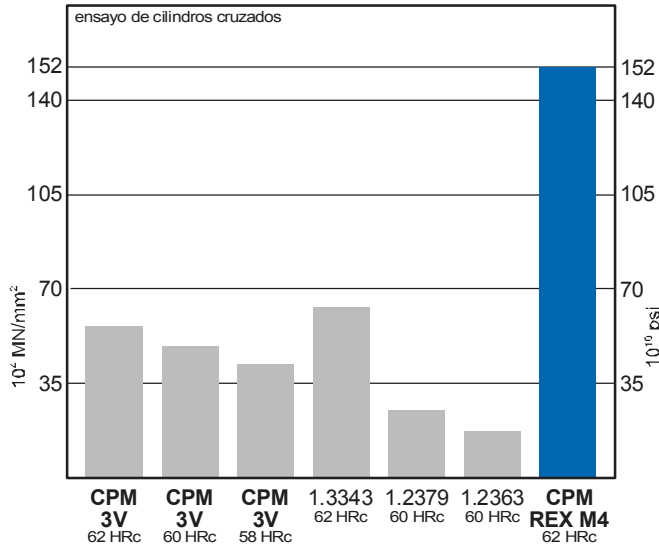
### Propiedades físicas CPM Rex M4

Módulo de elasticidad E en KN/mm <sup>2</sup> (Psi x 10 <sup>6</sup> )	230 (31)
Peso específico	7,97
Densidad kg/m <sup>3</sup> (lb/cu.in)	7916 (0,286)

### Coefficiente de dilatación térmica mm/mm/°C (in/in/Fx10<sup>6</sup>)

(100-500F)	(5,32)
(100-800F)	(6,24)
37,8-538°C (100-1000 F)	11,95 (6,64)
(100-1200F)	(6,82)
(100-1500F)	(6,99)

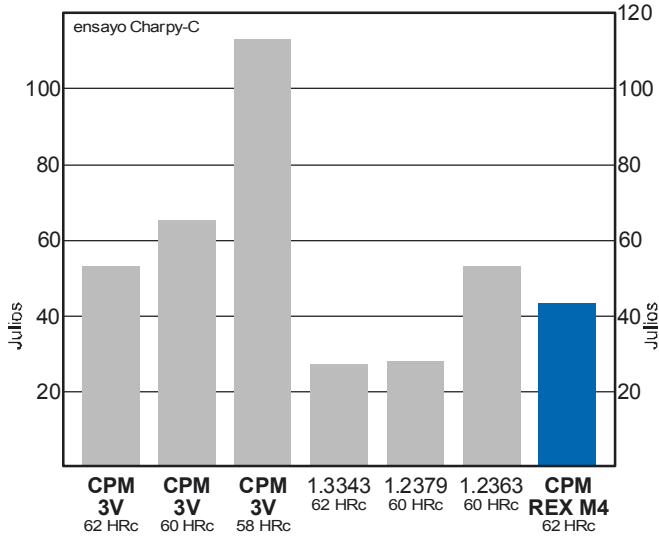
## Resistencia al desgaste



## Tratamiento térmico recomendado

1 Pre calentamiento	450 - 500°C
2º Pre calentamiento	850 - 900°C
Temple	ver tabla
Revenidos	3x / 2horas a 560°C
Enfriamiento tras el temple en baño caliente a ~550°C	

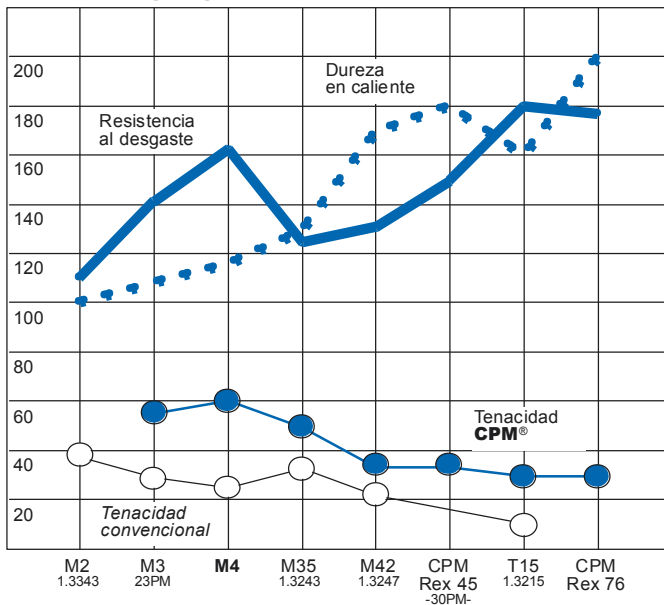
## Tenacidad



dureza deseada HRc	temperatura austenización °C	tiempo de austenización (seg.) *
59	1090	35
60	1100	35
61	1120	35
62	1140	25
63	1160	20
64	1180	15
65	1200	10

Los datos indicados se refieren a una probeta de diámetro 13 mm. La temperatura máxima de temple de 1200°C no debe sobrepasarse. \*Tiempo de austenización en seg/mm de pared, tras alcanzarse el precalentamiento a 870°C

## Gráfico comparativo de propiedades de las calidades CPM® respecto de los aceros fabricados por procesos convencionales



## Medidas disponibles

REDONDO, CALIBRADO		
1,8 mm	2,3 mm	3,3 mm
3,6 mm	4,2 mm	5,2 mm
5,6 mm		
REDONDO, TORNEADO		
6,3 mm	6,7 mm	8,3 mm
9,9 mm	11,3 mm	13,1 mm
16,3 mm	20,6 mm	22,6 mm
25,8 mm	29,0 mm	32,1 mm
38,5 mm	44,8 mm	51,6 mm
58,0 mm	64,3 mm	68,0 mm
70,6 mm	79,4 mm	84,1 mm
93,0 mm	103,2 mm	108,0 mm
115,9 mm	128,6 mm	141,3 mm
154,0 mm	171,5 mm	181,0 mm
204,8 mm	231,8 mm	257,2 mm
272,0 mm	320,0 mm	420,0 mm
PLANOS, en espesores de		
12,7 mm	15,2 mm	19,5 mm
25,4 mm	29,0 mm	32,1 mm
31,8 mm	32,0 mm	38,1 mm
44,5 mm	50,8 mm	63,5 mm
76,2 mm	101,6 mm	203,0 mm