

Medios de enfriamiento para el temple

N. Caballero Stevens , G. M. Figueroa Cuervo

Unidad Docente Metalúrgica (UDM) Antillana de Acero - ISPJAE

Calle20 # 10522 Cotorro, C. Habana, Cuba.

(Recibido el 12 de abril de 1999; aceptado el 3 de junio de 1999)

Resumen

Los factores que rigen el proceso de temple son la temperatura, el tiempo de calentamiento y la velocidad de enfriamiento. Tradicionalmente, la variación de la velocidad de enfriamiento se ha logrado mediante la utilización de diferentes medios como el agua, aceites minerales, aceites orgánicos, metales fundidos y otros.

En este trabajo, se presentan las características fundamentales de los medios convencionales y actuales empleados para el enfriamiento durante el temple.

Palabras claves: Endurecimiento superficial, temple superficial, medios de enfriamiento.

1. Introducción

Los factores que rigen el proceso de temple son la temperatura, el tiempo de calentamiento y la velocidad de enfriamiento.

La velocidad real de enfriamiento obtenida en el temple determina la estructura resultante del tratamiento térmico y los valores de dureza y resistencia alcanzados.

Al enfriar el material a una velocidad superior a la crítica de temple, la austenita se transforma en martensita. En cambio, si la velocidad es inferior no se logrará obtener una estructura totalmente martensítica.

La velocidad de enfriamiento real de un acero para determinada temperatura se puede determinar experimentalmente. Para ello, después de conocida la curva de enfriamiento se le traza una tangente en el punto correspondiente a dicha temperatura midiéndose su pendiente.

En la velocidad real de enfriamiento influyen el medio de temple utilizado, su temperatura y el estado superficial, la forma y tamaño de las piezas a temprar.

De los aspectos mencionados, uno de los más importantes es el referido a los medios de temple que constituyen el tema central de este trabajo.

2. Generalidades de los medios de temple

Como el medio ideal de enfriamiento no existe, se han empleado tradicionalmente numerosos productos

enfriantes en cuyo poder templante influyen entre otros los factores siguientes:

La temperatura inicial del baño si su valor es alto se prolonga mucho la primera etapa del enfriamiento.

La temperatura de ebullición. Si la magnitud es baja, el enfriamiento será más lento pues se desprenderá mucho vapor.

El calor específico. Debe ser elevado para que sea alta la velocidad de enfriamiento al elevarse poco la temperatura del baño.

Los medios templantes han evolucionado mucho en la medida en que se desarrolla la ciencia y la técnica. Los tradicionales son el agua, el aceite, las sales y el aire. Sus capacidades de enfriamiento se muestran en la tabla 1 en la que se toma como unidad la del agua a 20°C.

La efectividad de un medio se puede comprobar, por ejemplo, al temprar una pieza cilíndrica de acero y analizar su influencia en la estructura de la superficie y el centro.

En el temple en agua cuando la zona exterior de la pieza se ha transformado en martensita, en la zona interna no se ha iniciado todavía la transformación. El retraso es notable y así surgen tensiones internas fuertes con peligro de deformación o rotura. Generalmente es utilizado en aceros al carbono. Enfría con alta velocidad crítica de temple siendo inconveniente en la zona de transformación martensítica.

En el temple en aceite cuando en el exterior se completa la formación de martensita, en el interior se ha iniciado ya dicha transformación. El retraso es menor en el caso anterior y por lo tanto las tensiones internas también lo serán con menos peligro de deformaciones. Este medio

Tabla 1. Capacidad de enfriamiento relativa de algunos medios de temple.

Medio		Capacidad de Enfriamiento Relativa		
		20°C	60°C	99°C
Agua	Tranquilo	1	0.44	0.07
	Circulante	1.01	0.46	0.08
Agua + 5 % NaCl	Tranquilo	1.12	0.62	-
	Circulante	1.14	0.72	0.14
Agua + 10 % NaCl	Circulante	1.23	-	-
	De transformador	0.17	Aumenta	-
Agua + 5 % NaOH	Tranquilo	1.17	0.78	-
	Circulante	1.20	0.90	-
Agua + 10 % NaOH	Circulante	1.40	-	-
Aceite	De máquina	0.21	Aumenta	-
	De algodón	0.30	Aumenta	-
Pb 335° C	Tranquilo	0.5	-	-
Aire	Tranquilo	0.03	-	-

tiene la ventaja de que es casi insensible al cambio de temperatura por lo que el temple se realiza del mismo modo a cualquier temperatura.

Durante el temple en sales la temperatura se distribuye uniformemente en la pieza con lo que tanto la parte exterior como la interior pasan por el intervalo martensítico casi al mismo tiempo. De este modo las tensiones internas se reducen al mínimo.

Cuando el temple es al aire, la velocidad de enfriamiento es muy pequeña y la temperatura interior y exterior tienden a equilibrarse.

Los medios de enfriamiento altamente activos permiten de una forma más efectiva obtener una estructura homogénea, un temple más completo y mejores propiedades mecánicas. En ellos, se templen sólo los aceros al carbono.

Todos los aceros aleados, como regla, se templen en aceite o al aire y sólo en casos especiales en agua, ya que el temple de éstos en este medio conduce a la aparición de grietas y deformaciones.

Para obtener en el temple de los aceros, los mejores resultados conviene utilizar el medio de enfriamiento menos enérgico que sea capaz de comunicar al acero una velocidad de enfriamiento superior a la crítica. De este modo se consigue una estructura totalmente martensítica, la máxima dureza compatible con su composición y se evitan en lo posible las grietas y deformaciones.

3. Medios de enfriamiento más comunes empleados en el temple de los aceros

Agua

Debe evitarse que el agua se caliente durante el temple, debido a que puede prolongarse la primera etapa del

enfriamiento. El agua enfría muy rápidamente la superficie, con lo que se forma una corteza muy dura y se crean tensiones interna peligrosas que pueden deformar o romper las piezas.

Soluciones salinas

Añadiendo al agua una determinada cantidad de sales de temple, el enfriamiento es más rápido y por lo tanto más enérgico, debido no solo al mayor calor específico de las soluciones respecto al agua pura, sino también porque debido a la evaporación, las soluciones salinas cristalizan y sus cristales, dada las altas temperaturas estallan rompiendo el velo de vapor que circunda la pieza.

Aceites

Los aceites animales y vegetales con el uso continuo a determinada temperatura se descomponen, espesan y se vuelven gomosos dando temples bastante irregulares. Además son caros y de olor desagradable. Los mejores aceites para el temple son los minerales obtenidos por destilación fraccionada del petróleo.

El aceite caliente tiene más poder refrigerante (30 - 40 °C) que el frío, por ser más fluido. Este tipo de temple produce deformaciones y tensiones internas notablemente inferiores a los del agua y soluciones salinas. Un buen aceite de temple debe poseer las propiedades siguientes:

Volatilidad no muy elevada.

Temperatura de inflamación y combustión lo más elevada posible.

Gran resistencia a la oxidación.

Plomo

Posee gran conductividad térmica por lo cual el calentamiento del baño se hace bastante rápido. Enfría con relativa rapidez las piezas que se templen, su aumento

del peso específico es inconveniente pues las piezas flotan y hay que preparar dispositivos especiales para que se introduzcan en el baño. Como el plomo se oxida fácilmente hay que evitar que la superficie del baño se encuentre en contacto con la atmósfera cubriéndolo con pequeños trozos de carbón vegetal.

Los baños de plomo se emplean raras veces. Contienen frecuentemente azufre cuando están sucios y es necesario por esta razón fundirlos. El plomo es bastante volátil a las temperaturas requeridas para tratamiento térmico.

El plomo puede adherirse tenazmente a piezas que contengan dientes o ranuras pequeñas e impide que se endurezcan estos lugares con el temple. Por esta razón es necesario desengrasarlas con mucho cuidado.

El empleo del plomo es cada vez más limitado frente a los baños de sales debido a la toxicidad de sus vapores, independientemente de que no forme cascarilla y su enfriamiento sea mucho más estable que los baños de sales.

Gases

Para muchos aceros basta enfriar al aire tranquilo para que se forme martensita. Aunque este tipo de enfriamiento es el que provoca menos distorsiones, también como contrapartida produce cierta oxidación superficial.

En lugar de aire pueden usarse gases protectores o inertes. Ejemplo Amoniaco craquizado o el gas de ciudad quemado. Utilizando estos gases en los hornos y como medios de temple, se obtienen piezas templadas brillantes.

Sales fundidas

Están constituidas por cantidades variables de sodio, potasio, bario, etc, en forma de cianuros y sus componentes.

Son utilizados como medios de enfriamiento y sustituyen con ventaja al aceite y al plomo fundido.

Las sales se emplean en un intervalo de temperaturas entre 150 - 600°C. Se utilizan para enfriar las piezas durante el temple y para calentar durante el revenido. Algunos se utilizan para el calentamiento y fundamentalmente para el tratamiento termoquímico.

Las sales fundidas presentan muy alta temperatura de transición. Con respecto a la severidad de temple, se comportan muy semejante al aceite pudiendo considerarse los efectos equivalentes. La agitación aumenta la severidad de temple por la difusión del calor.

4. Otros medios de enfriamiento para el temple

Además de los medios convencionales, en la actualidad se emplean diversos medios y procedimientos que se encaminan a lograr mejores propiedades mecánicas y disminuir las tensiones causantes de deformaciones en las

piezas templadas. Algunos de esos medios se señalan a continuación:

- Enfriamiento en aceite burbujeante al cual se le adiciona hielo seco en cantidades que fluctúan de 30 a 100 g/m³. (ver tabla 2).
- Enfriamiento mediante ducha de agua que concluye con aire a presión.
- Medio de temple que contiene CaCl₂, polvo de arcilla, sosa cáustica y agua. Su empleo evita la formación de fisuras en aceros al carbono y aleados debido a que reduce la velocidad de enfriamiento en el intervalo de la transformación martensítica.
- Soluciones acuosas con polímeros de oxazolona.

Con el desarrollo de las investigaciones en esta temática, se han incrementado los registros de patentes en diferentes países. Una búsqueda minuciosa ha permitido encontrar los siguientes:

En España, los registros de patentes están encaminados principalmente al empleo de soluciones acuosas de diferentes compuestos orgánicos y de enfriamiento en metales fundidos. Las soluciones acuosas registradas son las siguientes:

- Con éter de polioxialcoholenglicol y aditivo anticorrosivo con alcanolaminas y agua.
- Con polialgohilenglicol con inhibidor que contiene ácido carboxílico, alcanolamina y triazol aromático.
- Con polivinilpirrolidona.
- Con éter de polioxialquilenglicol y bórax.
- Con polímero orgánico hidrosoluble, aditivo de sal mineral y de un ácido mineral y orgánico.

Todas estas soluciones acuosas se recomiendan para el temple de aceros al carbono y de baja aleación.

La solución acuosa de polivinilpirrolidona se recomienda para el enfriamiento de aleaciones de aluminio.

Los Países Europeos han encaminado su búsqueda de medios de enfriamiento al uso de las siguientes:

- Solución de aceite con monoalkylnaptaleno
- Solución de aceite mineral y polímero.
- Solución de agua con polyoxazolona y polímero de N vinyl heterocíclico.
- Solución de agua con polyaklenoglycol, inhibidor de ácido carboxílico y alkanolamina
- Solución de agua con trialkylphosphates.
- Solución de agua con CO₂.
- Solución de agua con ácido carboxílico.
- También se ha desarrollado:
- Concentrado Aquaplast soluble en agua. Permite obtener diferentes velocidades de enfriamiento.
- Empleo de cama fluida (de fluidización) que consiste en la agitación intensa de partículas sólidas (corindón, arena mineral, polvo metálico) por un flujo de gas ascendente. En este caso, se forma una capa o cama que asemeja un líquido viscoso donde la velocidad de enfriamiento puede regularse.

En los Estados Unidos, las investigaciones se dirigen al desarrollo de soluciones acuosas con diferentes compuestos orgánicos como son:

- Agua con polímero de oxazolína.^o
- Solución de agua con polyoxazolína y polímero de N vinyl heterocíclico
- Solución de agua con glicol polialkíleno, inhibidor compuesto por ácido carboxílico, alcanolamina y diethanol methylene benzotriazole.

Tabla 2. Efecto de la adición de hielo seco en la acción del aceite como medio enfriador

N/o.	Cantidad de hielo seco adicionado al aceite (g/m ³)	Tiempo de burbujeo del aceite (min)	Concentración del CO ₂ en la superficie del aceite con respecto al aire (%)	concentración del de CO ₂ a la distancia de 50 mm del aceite con respecto al aire (%)	Presencia de llama en la superficie del aceite cuando se introducen piezas calientes.
1	0	0	0	0	Se observa llama.
2	10	2	8	1	La llama se atenúa.
3	30	4	32	18	No
4	40	7	53	33	No
5	60	12	67	42	No
6	100	15	87	58	No

5. Conclusiones

Para obtener los resultados esperados después del temple, es imprescindible que se emplee un medio de enfriamiento adecuado. además del agua, aceites, sales y metales fundidos, la tendencia mundial actual es la de emplear soluciones acuosas con diferentes compuestos orgánicos, soluciones de aceites con diferentes aditivos y también emplear procedimientos de temple mas eficaces mediante modificaciones a los métodos comúnmente empleados.

Bibliografía

1. Jorochailov V.,Gordon Cointra J., Teoría y Teconolgia del Tratamiento Superficial del Acero. 302 p. 1972.
2. Lucas Ortueta, Ramón y otros. Metalurgia, DuMond. Madrid. 1963
3. Apraiz Barreiro, J. tratamiento térmico de los Aceros.
4. Malishev A, Nikolaiev G, Shervalov Y. Tecnología de los metales. Editorial Mir. Moscú.
5. Tratamiento Térmico de metales Manuales de trabajo de taller mecánico. Editorial Reverté, 1960.
6. Lasheras Eteba, J. Ma. Tecnología de los materiales. 3ra edición .Viladrau Ediciones Cendel. España, 1965.
7. De Andrés Sauz, M. Tratamiento Térmico. Diagrama Fe-C y los fundamentos de los tratamientos térmicos del acero. Colección de Estudios Técnicos. Madrid. 1962.
8. Lurchesi D. Tratamiento Térmico Editorial Labor . 116 p. Barcelona, 1973.
9. Zirma, N. Tratamiento Térmico. 2da Edición. Barcelona, 1965.
10. Caballero Stevens N. Datos Prácticos sobre el Tratamiento Térmico de los Aceros. Monografía, 1990.

Means for Cooling During the Hardening Process

Abstract

Factors governing of the hardening process are temperature, heating time and cooling speed. Traditionally, the variation of the cooling time has been achieved by using different means such as water, mineral oils, molten metals, etc.

In this work, the fundamental characteristics of the conventional and modern means developed for cooling during the hardening process are presented.

Key words: Hardening process, cooling means.