

◎一二三の健淬劑に關する實驗

Engineering. Vol. CIV—No. 2684

臨 江 生

以下記述する所の實驗は、各種健淬劑の冷却速度を探究し、且其の速度と健、反淬したる鍛造物に對し、得らるべき機械的性質との關係を知らんか爲施せるなり。

先づ實驗の主たる順序は、二本の機關車用働軸を採り、健淬作業中高熱計を挿入して、加熱に依り軸の受くる溫度を繼續測定するに便ならんか爲穿孔したり、即ち一軸は徑一吋實體にして一、八三〇封度の重量あり、他の軸は徑一二吋にして縱方向に徑三吋の孔を穿ちある重量二、〇〇〇封度の中空體なり。而して高熱計を用ゐて溫度を測定するに、各軸の一端に縱軸と平行に深さ約一五吋の孔を穿てり、詳言すれば實體軸に在りては、其の孔は軸の中心と外側との間に位し、中空軸の孔は腔面と軸面との中間に在りたり。又使用せし高熱計は栓を装せる非貴金屬製の熱電對にして、之を穿てる孔の外端に押込むか故に健淬劑は孔に侵入する患なく、且軸内部の實際の溫度を知ることを得るなり。斯くして實驗を行ふに到り單に健淬を施すのみなるも、普通の製造要領に據り軸を均齊に加熱したる後爐より之を抽出し高熱計を孔に挿入せしか、熱電對に現はれたる軸の溫度を検するに、約二分間を費し次て急冷せり。而して溫度の低降するに従ひ、短時間毎に時々溫度を讀算し、附圖に示す溫度曲線圖を作製したり。

此の實驗に供したる健淬劑は空氣、水、ボーマ二六度の重油及二九度の輕油、並に水に分解せしめたる旋削用の三種混合劑とす。此の混合劑は礦化したるラード油及軟性石鹼より成り、第一種は五〇%

の溶劑即ち前記二物の混合物と水の等量とより成り。第二種は混合物一分と水二分の割合にて混するもの即ち三三%の稀釋溶液にして、第三種は混合物一分と水三分の割合にて混したる二五%の溶液なりとす。附圖に示せる冷却曲線は一二回實驗の結果を記し、八回は實體軸に對し四回は中空軸に就き試験せるものたり、今之を例示すれば次の如し。

圖表に於ける曲線番號		軸の種類		健淬劑		圖表に於ける曲線番號		軸の種類		健淬劑	
1	實體軸	空	氣	5	實體軸	三三%溶液					
2	同	重	油	7	同	三三%溶液					
12	同	輕	油	3	中空軸	重油					
10	同	水		9	同	三三%溶液					
6	同	五〇%溶液		8	同	二五%溶液					
4	四	同		11	同	二五%溶液 (空氣にて激動す)					

是等の曲線に據り健淬劑の種類異なるに従ひ、熱を分採する速度を比較し、且被健淬物の形狀如何は其の冷却速度に影響を及ぼすものなるを知るを得ん。

被健淬物形狀の冷却速度に及ぼす影響

實體軸と中空軸とに使用する健淬劑の同種なるときは、中空軸は實體軸の冷却するより一層迅速に冷却するは曲線圖に據り明かなり、之れ前者は重量の毎封度に對する冷却面後より大なるに基因す。第一表及第二表は直接に二軸の冷却速度を比較し、亦他に小試験桿の冷却速度をも併せ研究したる結果を包含せる簡易表なり。此の小供試片は徑一吋四分の一長さ五吋重量一六封度にして熱電對を挿入し得る爲、軸方向に沿ひ一端の中央に穿孔したり、而して之か冷却曲線は働軸に對し施せると同一の要領に據り、各種の健淬劑を用ゐ測定したる冷却速度に基づき作製したるものにして、之に

附隨する數字は第二表に示すか如し。

第一表に掲けたる小試験桿及軸の寸度を對照するに、試験桿は實際實體軸に比すれば重量の毎封度に對する冷却面は十倍にして、其の數字は一三五平方吋に對する一三九吋なり、即ち小試験桿の一定健淬劑中に在りて溫度を失ふ速度は、軸の冷却せらるるものに十倍速なるに近し(第二表7欄參照)、之れ一定の健淬劑に對し軸及試験桿より放散する熱量は、表面の平方吋に付英國熱量單位に於て同一の速度を保つか故なり。第二表8欄は之に就き二者互に近似するを示せり、若し被健淬物の大さに著しく差あることを條件とせば、冷却速度は二者殆と同一なること愈々明かなり。是を以て冷却劑の健淬性に關し充分精細なる探究を遂げんとするには、宜しく小規模の實驗に期せざるへからず。

第一表 試験桿と軸との比較寸度

物 體	直 徑	長 さ	重 量	表 面	重量に對する表面 (平方吋)	每平方吋面に對する溫度の熱容量 Btu.
小試験桿	一・二五 (吋)	五・〇 (吋)	一・六 (封度)	二二・〇〇〇 (平方吋)	一三・五〇	〇・〇八五
中空軸	一二・〇〇	六五・〇	二・〇〇〇〇	三・二七〇	一・六三	〇・〇七〇〇
實體軸	一一・〇〇	六六・〇	一・八三〇・〇	二・五四〇	一・三九	〇・〇八二〇

第二表 各種健淬劑の冷却速度

1	2	3	4	5	6	7	8
冷却劑	被冷却物	當初の溫度 (華氏)	低下指示溫度 (華氏)	低下溫度數 (華氏)	冷却時間 (分)	毎分の冷却度	一分間の冷却度に對する毎平方吋面の Btu.
空 氣	試験桿	一、四五〇	一、二九〇	一六〇	一・三	一二・〇	一・〇
同	實體軸	一、四五〇	一、二九〇	一六〇	一六・〇	一〇・〇	〇・八

重油	試驗桿	一、四六〇	八五〇	六一〇	一・七	三五〇	三・〇
同	中空軸	一、四五〇	八五〇	六〇〇	一五・五	三九	二・七
同	實體軸	一、四五〇	八五〇	六〇〇	二六・〇	二三	一・九
鐵削用混合劑	試驗桿	一、四五〇	八〇〇	六五〇	一・三	五六〇	四・二
同	中空軸	一、四五〇	八〇〇	六五〇	一六・〇	四〇	二・八
同	實體軸	一、四五〇	八〇〇	六五〇	一八・〇	三六	三・〇
水	試驗桿	一、四五〇	七〇〇	七五〇	〇・九	八二〇	六・九
同	實體軸	一、四五〇	七〇〇	七五〇	九・〇	八二	六・八
輕油	同	一、三五〇	八五〇	五〇〇	一一・〇	四四	三・六

此の種に屬する實驗に在りては、鋼の物理的性質は當然其の單位面に對し失はる熱の速度に據り測定すべきのみならずして、單位重量に付熱の失はる速度即ち温度の消失する速度に據り測定せざるへからず、今第二表に就き之を詳言すれば單位面に付熱の失はる速度は健淬劑に依り測定すると同時に(8欄参照)鋼の物理的性質は温度喪失の速度に依り測定すべきなり(7欄参照)而して此の失はる温度の速度は健淬劑の種類及被健淬物の形狀如何に關係あるものにして、就中後者は主たる要素なりとす。

故に前述の所論にして誤謬なくんは調質の關係上鋼の物理的性質を述ふるに當りては獨り冷却劑を限定するのみならず、亦被冷却物の形狀をも限定する要あり。余は此の點に就き一九一六年六月米國材料試驗協會に於て聊か卑見を披瀝し、又最近 *Steel* 博士刊行の雜誌に「鋼の物理的性質」と題し説く所ありたり。而して科學上鋼の物理的性質に關係し調質を論するに當りては、單に水健淬或は空氣冷却のみに就き説述すべきにあらず、宜しく余の採用せし方法の如く一定の範圍に涉り、温度喪失の

速度をも説かざるへからず。例令は曩に「パーライトに關する注意」と題して Howe 及 Levy 二氏の所論に採用したる所の如し。

茲に記す「空氣冷却」てふ辭句の不定なる意義を會得せんとするには、第二表に掲けたる試験桿と軸との冷却速度を比較するを要す、即ち試験桿は毎分一二〇度の割合にて熱を喪失し、且其の冷却速度は若し再熾熱を生ずる範圍迄の温度に及ぼし平均せは稍々緩徐なるか如しと雖、空氣中に在りて試験桿の冷却する速度は、軸の水中にて健淬せらるに當り冷却する速度と同列にあるを觀るへし。是を以て空氣冷却に附したる試験桿と車軸との物理的性質互に異なるは、恰も空氣冷却したる軸と水健淬したる軸との性質各異なるか如く大なりとす。

健淬速度と健淬劑成分との關係

重油——附圖に示せる第二號及第三號曲線は、夫々實體並に中空軸に對する冷却速度を表はすものにして別に説明の要なし。

鋸削用混合劑——第四號乃至第七號の實體軸に關する曲線は、他に比較し共に冷却速度大に劣り、鋸削用混合劑を水にて稀釋したるものは、其の健淬性に及ぼす效力少なるのみならず、爲に得たる物理的性質も亦同しく遜色あることを現はせり、然れとも油の五〇%を含む溶液にて處理したる二種の被健淬物即ち實體軸と中空軸との得たる物理的性質の差は、五〇%の溶液にて處理したる被健淬物の得し性質の平均値と、二五%を含むものに依り得たる平均値との差より遙かに大なり、而も第八號及九號なる中空軸に關する二曲線は毫も前記と牴觸する所あらざるなり、又三三%の溶液に依る冷却速度は二五%のものに比し著しく大にして、是等の曲線を現はしたる二軸より牽引試験桿を採取し、之を華氏一、一〇〇度に於て軟過し試験せしに、次の成績を示せり。

線圖に示せる
曲線番號 (健淬劑
(溶液)

華氏一、四五〇
度より冷却す
る迄の分數

彈性界

平方吋
平方吋

牽引抗力

平方吋
平方吋

延伸率

(標點距離
二吋)

斷面收縮率

第八號 二五%

一六一

四〇、五〇〇

一八・一

七八、〇〇〇

三四・八

二九・〇

五五・〇

第九號 三三

一三六

四三、〇〇〇

一九・七

八一、五〇〇

三六・四

三〇・〇

五三・五

以上に示したる成績より察するに、第九號の曲線を表はしたる軸は幾分第八號曲線を表はしたる軸より稍々速かに冷却したる如しと雖、之れ往々冷却槽に於ける溶液の環流狀態に據り生する一部の現象なり。

第一一號曲線は前記と同種の中空軸に對し第八號曲線を表はしたるものと同一の二五%溶液を用ゐたりと雖、健淬劑の循環を強烈ならしむる爲健淬槽に壓縮空氣を噴入せしめたりしかは、其の結果は著しく冷却の速度を増したり。而して温度の華氏一、四五〇度より八〇〇度に下降するに要する時間は、靜止槽に於ける一六分より空氣にて動搖せしめたる槽に在りては九分に減し、其の温度下降の速度は毎分四〇度より七二度即ち八〇%増加したり。従て之か物理的性質も改善せしこと明かなり。次表は炭素鋼及クローム、ヴァナヂウム鋼製の軸に對して二五%の溶液を用ゐ、第一回は靜止狀態に於て健淬し、第二回は溶液を動搖せしめ健淬を施したるものより得たる牽引成績なり。

鋼の種類 槽の狀態

健淬 軟過

温度 (華氏)

彈性界

牽引抗力

延伸率

斷面收縮率

平方吋
平方吋

平方吋
平方吋

(標點距離
二吋)

炭素 靜止

一、五〇〇 一、一五〇

四九、五〇〇

二二・〇九

九五、〇〇〇

四二・四一

二〇・五

四三・五

同上 動搖

一、五〇〇 一、一五〇

六八、八〇〇

三〇・八九

一〇五、三〇〇

四七・九〇

二一・〇

四二・〇

クローム、
ヴァナヂウム

靜止

一、五〇〇 一、一五〇

八〇、五〇〇

三五・九三

一二三、五〇〇

五五・一三

二〇・五

五七・五

同上 動搖

一、五〇〇 一、一五〇

九六、〇〇〇

四二・八五

一二四、〇〇〇

五五・三五

一六・五

六一・五

水—曲線第一〇號は實體軸を水に健淬したるものにして、其の熱放散の速度は鏝削用混合劑を用ゐ、槽に壓縮空氣を噴入せしめて健淬したる場合より稍々速かなりき。

今一、八三〇封度の重量を有し、其の各封度に對し一四平方吋に當る冷却面ある實體軸の冷却速度を表示すれば左の如し。

各種健淬劑		各種健淬劑	
空氣	華氏／每分	輕油 (ポーム 二九度)	華氏／每分
一〇		四五	
重油 (ポーム 二六度)	華氏／每分	水	華氏／每分
二五		八〇	
油溶液	華氏／每分		
三五			

本實驗は健淬作用に關し未だ完全なる定論を下し得べき域に到らずと雖、鋼の冷却を迅速ならしむるには、次の條件を充實せざるへからざるは何人も首肯する所なるへし。

a 物體より液體に熱を傳導せしむるには、液と物體とを接觸せしむるを要す。

b 物體面より蒸發氣を放散せしむるか爲、液體と潤澤に補給するを要す。

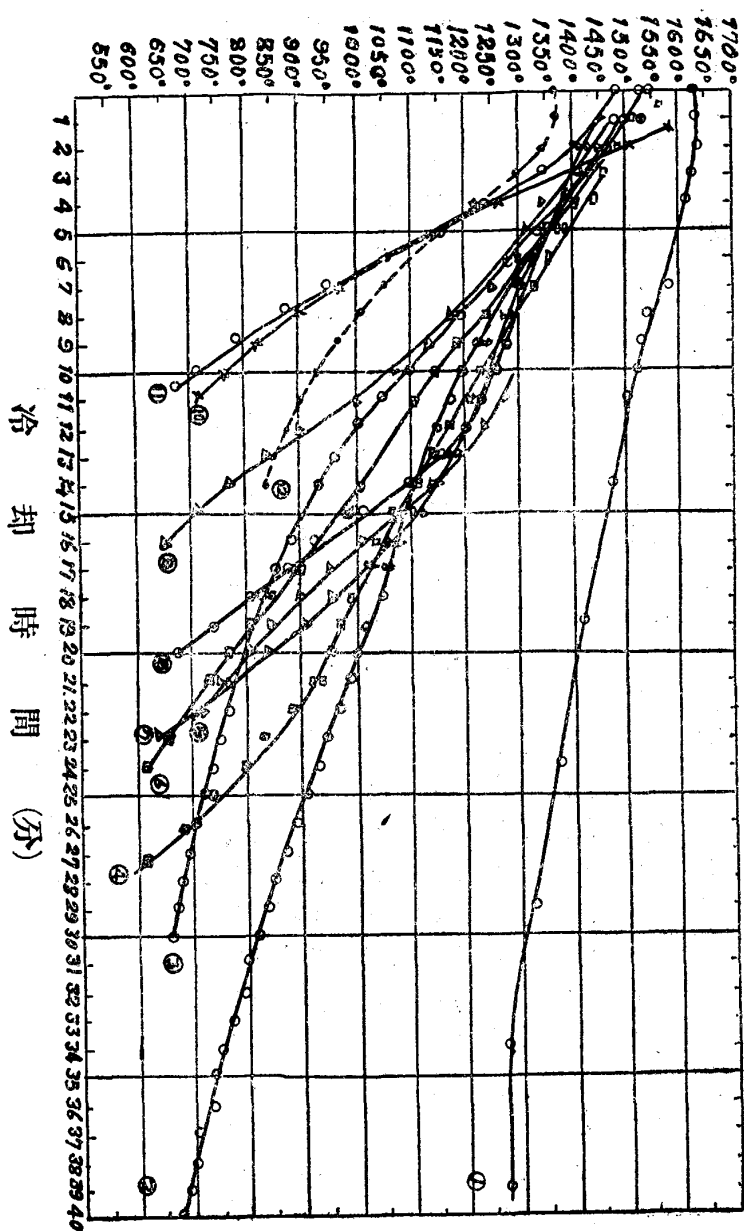
水を用ゐて健淬したる效果の有力なる所以は實に水は前記の二要素を具備するのみならず、其の比熱竝に蒸發氣の潜熱高きに基因すること明かなり。然れとも水は熱吸收力大なるを以て、若し鏝削用混合劑を用ふる場合の如く水と物體間との接觸を妨けらるることあらは、之と前述の特質とは相殺するを得へし。而して二五％の健淬溶液は其七五％は水にして粘度低く自由に環流すと雖、強制循環の方法を設けざる以上は、之か冷却速度は水の二分の一以下たるへし。汽罐の加熱面に形成する油の被膜は水に對する熱傳導力を減するものなるは既知の事實にして、往々之と同一の效果を生し遂に被健淬物より槽液に熱の傳導するを妨くることあり。

前述せし健淬溶液を烈しく動搖せしめ爲に冷却上大に加速度を生ずるは注意するに足るべき事

實にして、第一二號曲線を表はしたる輕油の如き純質のものに對し、動搖法を講ずるときは如何なる程度迄同一の作用を得へきや未だ明かならずと雖、余は他日此の問題を闡明すへき機會あらんことを期するなり。

輕油は重油に比し其の冷却速度大なる所以のものは、前者は之か流動性一層大なるに因り爲に環流を良くし、且熱の放散を速かならしむるに適するか故なり。(完)

各種健淬劑に對する動軸の冷却速度



- | | | |
|----|-----|-----------|
| 11 | 中空軸 | 二五%溶液(循環) |
| 10 | 實體軸 | 水 |
| 12 | 實體軸 | 輕油 |
| 9 | 中空軸 | 三三%溶液 |
| 8 | 中空軸 | 二五%溶液 |
| 7 | 實體軸 | 三三%溶液 |
| 5 | 實體軸 | 三三%溶液 |
| 6 | 實體軸 | 五〇%溶液 |
| 4 | 實體軸 | 五〇%溶液 |
| 3 | 中空軸 | 重油 |
| 2 | 實體軸 | 重油 |
| 1 | 實體軸 | 空氣 |