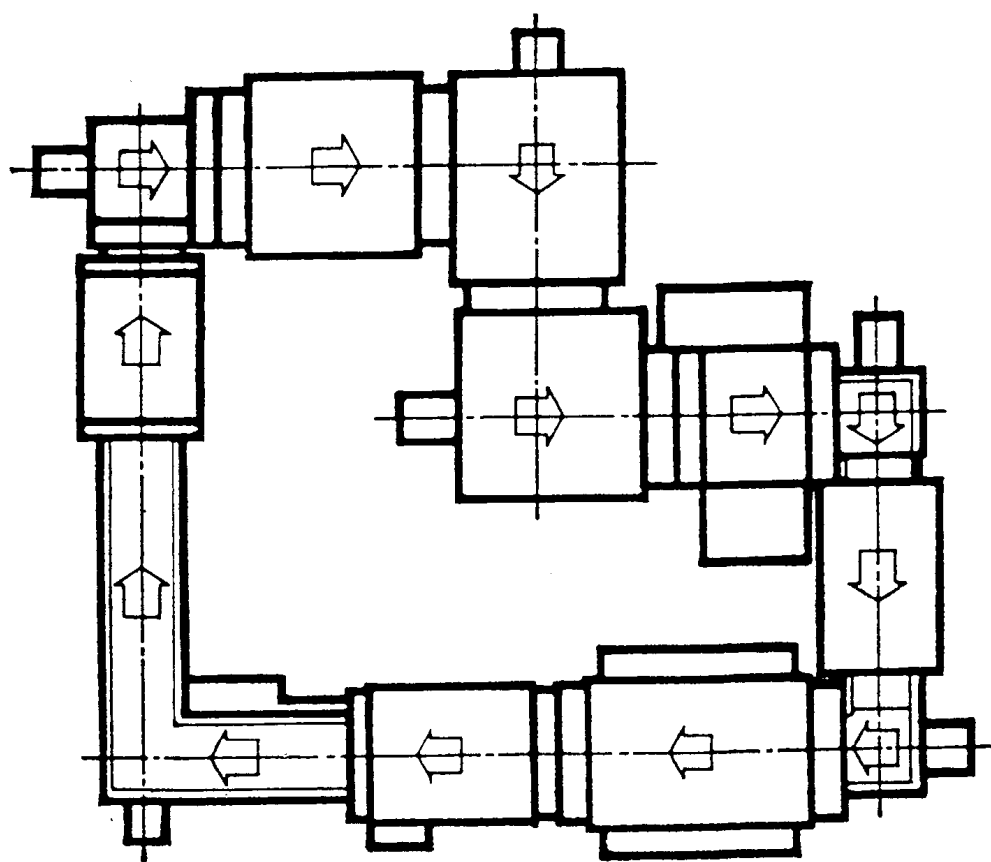


熱處理108招秘訣

楊義雄 編譯



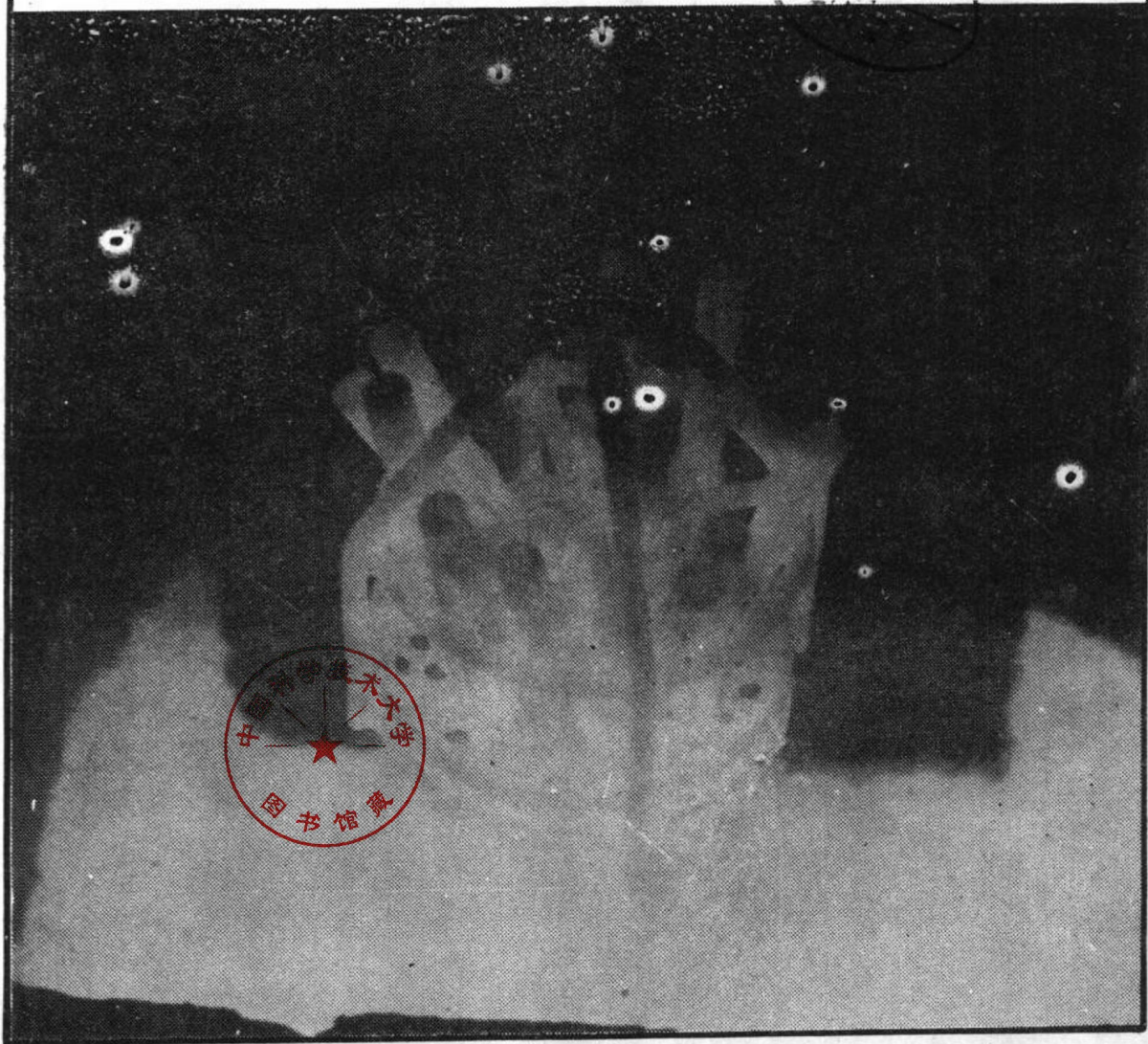
☼ 機械技術出版社 印 行
☼ 全華科技圖書股份有限公司 經 銷

世界圖書出版公司 重印

77.14
5192603

熱處理108招秘訣

楊義雄 編譯



機械技術出版社 印行
全華科技圖書股份有限公司 經銷
世界圖書出版公司 重印

Buy 1/14/02

热处理 108 招秘诀

热处理 108 招秘诀

杨义雄 编译

全华科技图书股份有限公司出版

世界图书出版公司 重印

(北京朝内大街 137 号)

北京中西印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1991 年 6 月第 1 版 开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$

1991 年 6 月第 1 次印刷 印张: 16.125

印数: 0,001-1,750

ISBN 7-5062-0873-3/T·2

定价: 7.90 元

本书经全华科技图书股份有限公司香港和中国大陆总代理

鑫港出版有限公司特许世界图书出版公司重印

限国内发行 1991

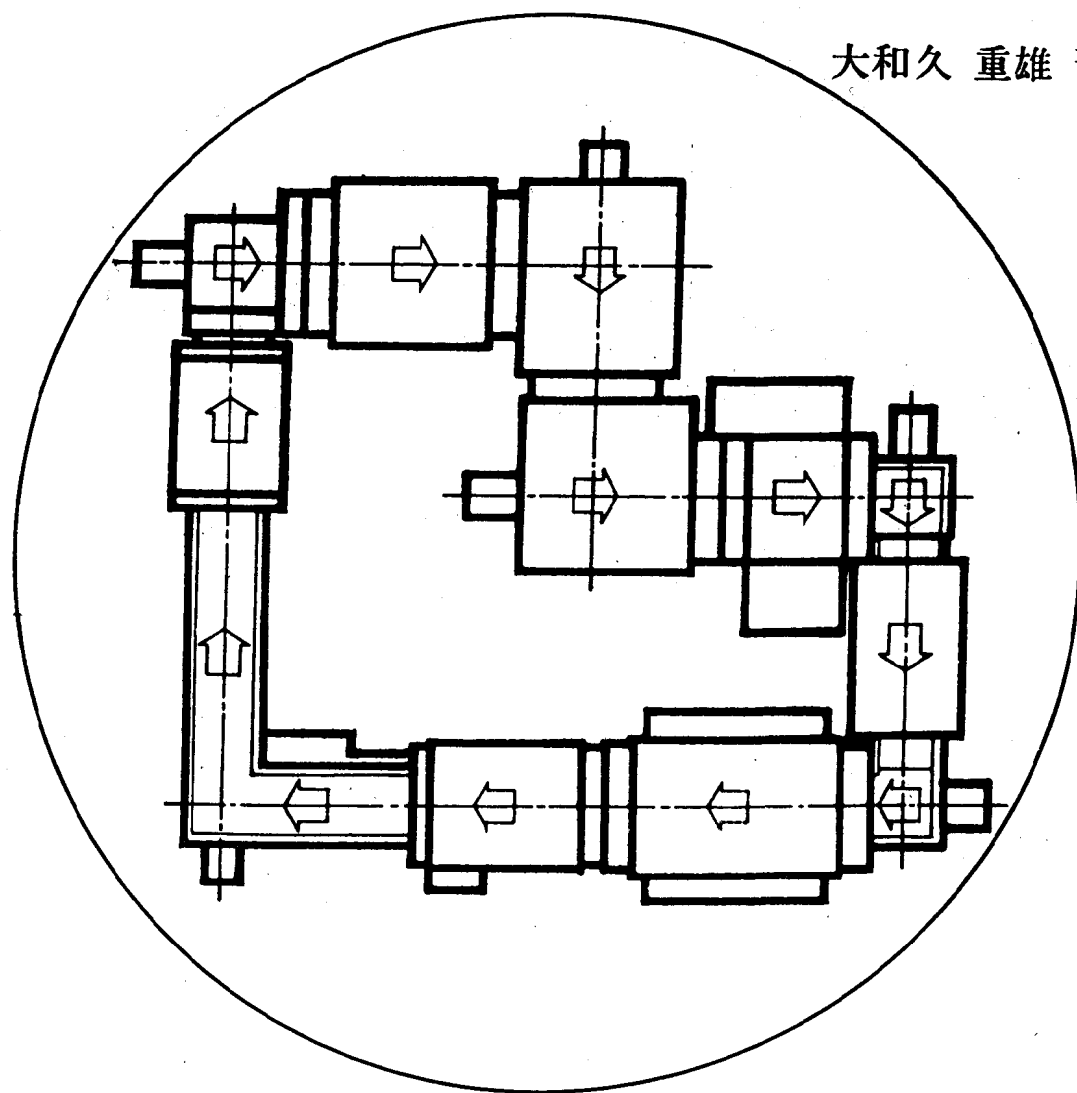
W21-41

21A

テクニカブックス

熱処理108つのポイント

大和久 重雄 著



原 序

篇名「熱處理108招秘訣」乃本人長年以來，以熱處理顧問之身份在日本全國巡迴指導期間所獲得之知識，及無數之構想，濃縮而成108個主題，編成此書。

由「祖母之智慧」一書啓發本人或可將此書命名為「和久君之智慧」。諸君由任一章節開始閱讀均可。屬於熱處理技術之提示集，只要就所需主題作重點式選讀即可。

本書對於熱處理技術並未作系統性之記述。且與說明書及教科書不同，乃以本人實際體驗之主題為中心，確信對於現場各種問題與困難可以提供解決之線索，而有所裨益。

本書曾於日本熱處理技術協會之會刊「熱處理」上連載長達8年，經再潤色重編而成。其間承大河出版社之三沢社長協助良多，無任感荷。此外，蒙日本熱處理技術協會快意允諾本書之單行本化，且對提供資料之各位廠商謹致最深謝忱。

1986年3月 大和久 重雄

譯者序

尖端科技之趨勢係朝向“輕、薄、短、小”。如何選用適當之材料，施以正確之熱處理，使製成之機件其性能符合吾人所需，厥為材料及機械加工業界技術人員無可旁貸之責任。

鋼在冶煉完成之後，其性能應用於工具或機械零件時尚多缺點，吾人有時需要高強度配合大韌性，有時需要高硬度配合大韌性，有時更需要耐熱或耐磨，欲滿足此多種之要求，必須有處理之方法，使材料性質隨希望而變化。冶煉專家在冶煉鋼時，加入合金成分亦係使鋼能發揮優點，減少缺點。鋼在煉成後之缺點則須施以機械處理及熱處理予以消除。

所謂熱處理者，我國在二千餘年前，即以爲鐵匠冶製兵刃斧鎚特有之技術，因爲私相授受從不公開，故此項技術既少進步，亦不爲一般人士所重視。但反觀歐美日本各工業國家近數拾年中，對熱處理技術之研究真是日新月異不遺餘力。我國對於熱處理雖日漸加以注意，但並未徹底解決問題。所謂熱處理若僅就外表觀察，不過將燒紅之鋼材浸入水中或油中而已，實則並非如此簡單，其中原理及應用，亦非短時間所能領會的。

熱處理離不了幾個要素加以變化，如溫度、時間、冷却劑、加熱速度、冷却方法與速度等。加熱的速度，隨材料不同而變化，但處理目的的不同，溫度亦隨之而異，加熱時間則視工件之大小而定，材料不同時冷却劑則異，此幾種要素之應用倘能徹底明瞭，則熱處理問題即易解決。

著者大和久重雄博士爲日本熱處理權威，從事實際工作逾 55 年，經驗豐富，著作等身。本書爲其實際經驗及心得彙編而成。不重理論之講授，而偏重於實際問題之解決與靈感之啓發。當能有助於熱處理技術之改善與提昇。

譯者才疏學淺，書中錯誤之處，如蒙賜教，至爲感激。本書之成，承蒙全華科技圖書公司賜助，併致感謝。

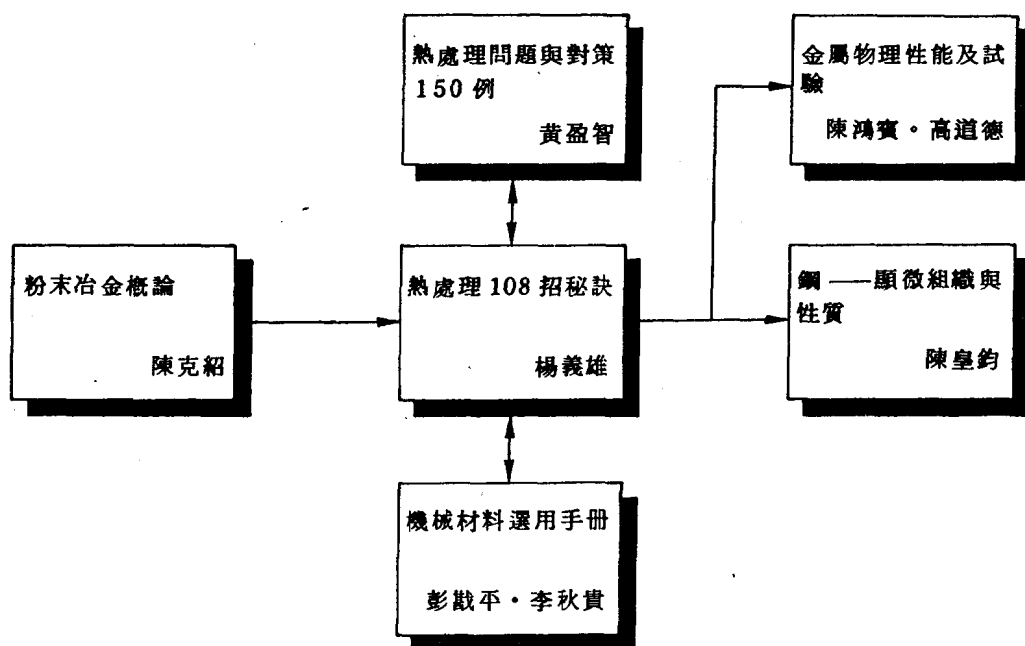
楊義雄 謹識

編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

本書係作者以其從事熱處理工作逾 55 年之經驗，將現場所接觸之問題及其獨到之構想，整理而成 108 個重點，對於現場各種問題與困難可以提供解決之線索，書中依相近性質分成 11 章，包括 JIS 之說明、正常化、退火等並穿插很多新式熱處理爐，是從事材料及機械加工技術人員的最佳參考書。

同時，爲了使您能有系統且循序漸進研習熱處理方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠爲您服務。



目 錄

1. 緒 論	1	12. 活用熱浴冷却於正常化	39
1. 機械人員容易掉入鋼與熱處理之陷阱	2	13. 非調質鋼之真面目	40
2. 處理件大小形狀之三種效應	9	14. 應力消除退火之製程模式	42
3. 熱處理託外加工應注意事項	12	15. 冷鍛後之擊碎球狀化	43
2. JIS之看法與用法	17	4. 加熱之時間及溫度	45
4. JIS 機械構造用鋼之記號體系	18	16. 保持時間「每吋厚 30 分」正確否	46
5. JIS 記載之化學成分並非製品分析值	23	17. 緩慢加熱與急速加熱之區別	48
6. JIS 數據皆屬直徑 25mm 之供試材	25	18. 預防加熱變形最適當之預熱溫度	49
7. 求直徑 25mm 以上的機械性質之方法	28	19. 過熱將導致鋼材裂開	51
8. JIS「急冷、徐冷」之意義	33	5. 淬火為熱處理之重心	53
9. 不得依照 JIS 之「水冷、油冷」熱處理	34	20. M_s 點隨 C % 之增加而降低	54
10. 希望列入工具鋼 JIS 之幾件事	35	21. 熱處理硬度之來源	56
3. 正常化與退火	37	22. 碳及合金元素改善淬火性之原因	58
11. 正常化組織非標準組織	38	23. 冷却方法（冷却劑）與冷却狀況（物件）之差異	61
		24. 淬火液冷却能與系統硬化能之差異	62
		25. 淬火溫度與急冷溫度相差 100°C	64
		26. 遲延淬火之益處	66
		27. 淬火與回火冷却方法之區別	67

28. P、B兩型之臨界冷却速度	69	49. 淬裂與物件大小及局部形狀	113
29. 淬火性有「硬度」與「深度」兩種	71	50. 殘留應力之利弊	115
30. 以喬木尼曲線推定淬火鋼之斷面硬度	73	51. 殘留應力之消除	116
31. 自局部沃斯田鐵化領域淬火	75	52. 含碳量 0.40 % 以上為淬火裂痕之危險鋼種	119
32. 由顯微組織判別淬火程度	77	53. 過熱為發生淬火裂痕之元凶	121
33. 高強度低降伏點處理	78	54. 淬火前之組織會影響淬火裂痕	123
34. 淬火透蕊是否有益	80	55. 處理物之表面粗度會左右淬火裂痕	125
35. 殘留沃斯田鐵之優劣點	82	56. 淬火裂痕之肉眼觀察與顯微鏡組織	127
36. 深冷處理之熱水回火及水中急熱法	85	57. 全面淬火宜自內部先行淬硬	129
37. 淬火與回火可重覆數次	87	58. 淬火裂痕肇因於麻田散鐵化遲緩	131
38. 水冷之優劣點	89		
39. 水宜冷、油宜熱，聚合液呢？	91		
40. 淬火液有可以添加者，亦有不可以添加者	93	7. 高低兩種回火方式	133
41. 250°C 熱浴加水是否正確	95	59. 重新評估「100°C 熱水回火」	134
42. 改良淬火冷却槽之設計法	97	60. 二次硬化工具鋼實施高溫回火之優點	136
43. 粗糙表面之處理物較易淬火	98	61. 處理速度引起之回火裂痕與回火脆性	138
44. 能否使用液態氮或液態氧施行淬火	100	62. 淬火零件因常溫放置引起之疵病	140
6. 淬裂最可怕	103	63. 耐熱要高溫回火，耐寒要深冷處理	142
45. 淬裂之原因	104	64. 自行回火之要領	144
46. 冷却方法為防止淬裂之首要	106	65. 再回火可防止放電加工之疵病	146
47. 淬火殘留應力之發生	108		
48. 殘留應力因淬火之有蕊，無蕊而異	111		

⑧。各種熱處理之問題

149

- 66. 解決問題者首先趕赴現場 150
- 67. 淬火而不變硬之原因 152
- 68. 熱處理人員隨身攜帶之七種工具 154
- 69. 火花試驗為鋼材管理之基本知識 156
- 70. 問題查驗由破面檢查開始 158
- 71. 淬火軟點各有利弊 160
- 72. 淬火應變有變態應變與熱應變 162
- 73. 淬火彎曲之對策為加壓淬火與回火 164
- 74. 低溫回火鋼之淬彎矯正用加壓深冷處理 166
- 75. 研磨加工時之研磨燒焦與研磨裂痕 168
- 76. 不完全脫碳會發生裂痕，完全脫碳才有用 171
- 77. 注意熱處理用托盤、盛籃之材質 173
- 78. 赤熱時侵蝕結晶粒界之半田脆性 175
- 79. 氬之問題 177
- 80. 研磨面、放電加工面、瓦斯切割面之異常層 179

⑨。表面熱處理也會發生問題 181

- 81. 滲碳淬火之困難與對策 182
- 82. 局部滲碳之「消除滲碳」與「消除電鍍」 185
- 83. 滲碳齒輪孔徑之淬火應變為擴大或縮小 187
- 84. 高週波淬火之三點問題與對策 189
- 85. 火焰淬火之問題為表面剝離與表面龜裂 190
- 86. 課堂上未傳授之熱處理技術 192

⑩。特殊用途鋼之熱處理 197

- 87. 工具熱處理之要訣為降低殘留應力與殘留 r 198
- 88. 研磨應力要以再回火去除 200
- 89. 工具回火溫度之決定方法 202
- 90. 工具被熱溫度之測定 204
- 91. 不要被冷作用、熱作用等名稱所惑 206
- 92. 將空氣淬火鋼作油淬火之技術 208
- 93. 高速鋼之鹽浴淬火 210
- 94. 冷作鍛造用模型之熱配合補強環之熱處理 212
- 95. 工具之缺陷防止與研磨之要點 214
- 96. 不銹鋼之缺點 216
- 97. 高錳鋼可用磁鐵測試其材質 218

11. 結 語

221

98. 熱處理可能發生之現象 222

99. 注意加熱爐之有效加熱帶 225

100. 淬火時如何做到均勻急冷 227

101. 施行超深冷處理以改善組織 229

102. 保護物品使不受破壞的是強度或伸長度 232

**103. 油冷之提昇沃斯回火可處理
中型件 234**

104. 乾式研磨時不易發生研磨異常層 236

105. 以超光加工為最終工程之檢討 238

106. 今後熱處理之理想境界 240

107. 熟記熱處理之英語術語 242

108. 熱處理用語之修辭 244

1

緒 論

- | | |
|---------------------|----|
| 1. 機械人員容易掉入鋼與熱處理之陷阱 | 2 |
| 2. 處理件大小形狀之三種效應 | 9 |
| 3. 熱處理託外加工應注意事項 | 12 |

1

機械人員容易掉入鋼與熱處理之陷阱

請向下頁之「熱處理實力測驗」挑戰看看。答對則每題得 5 分，20 題全對得 100 分。但答錯則倒扣 5 分，如果答對 10 題，答錯 10 題則為 0 分。小心填入○×，以免得負分吧。

以上 20 個問題係將機械設計及機械加工人員，對於鋼材及熱處理，易犯之錯誤，易想錯之事項綜合而成。請您將答案填入後，再仔細看看以下的解說，評估您自己的成績如何。

① 合金鋼（特殊鋼）可以不經熱處理直接使用？

通常以為合金鋼（特殊鋼）較碳鋼（普通鋼）價昂而高級，因此可以不經熱處理直接使用。這是錯誤的。SS 材（型鋼等一般構造用材）與 SM 材（熔接構造用材）等以原材料使用為原則。但機械構造用鋼則與之不同，因用於機械上之重要另件，就是碳鋼也不可以原材料使用。尤其是合金鋼，如不作熱處理則失去選用合金鋼之意義。合金鋼內之所以含有 Mn, Ni, Cr, Mo 等合金元素，就是要經熱處理，才能使之發揮特性。

本書中有時會以 S-A 材（alloy steel

）簡稱合金鋼，以 S-C 材（carbon steel）簡稱碳鋼。

② 合金鋼之抗拉強度大於碳鋼？

「JIS 鋼鐵手冊」上之記載，確實是合金鋼之強度大於碳鋼，因此難免有這種想法。其實強度之大小非關材質而是由於硬度不同，將調質（淬火、回火）後之硬度作到相同時，比較兩者強度則大致相同。亦即強度取決於硬度而非材質。

③ 合金鋼比碳鋼更易淬火硬化？

這是錯誤的，淬火硬度只與 C % 有關，C % 愈高，淬火硬度愈高。但如圖 1.1

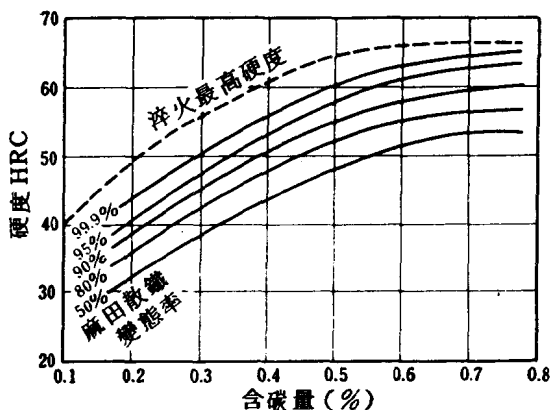


圖 1.1 若含碳量增加，則硬度隨著麻田散鐵變態率的上升而提高

熱處理實力測驗

編 號	問 題	解 答	正 解	得 分
1	合金鋼（特殊鋼）可以不經熱處理直接使用？			
2	合金鋼之抗拉強度大於碳鋼？			
3	合金鋼比碳鋼更易淬火硬化？			
4	硬則脆，軟則韌？			
5	同一材質則不論大小皆可以淬火硬化到相同程度？			
6	S40C在直徑25mm程度可以淬火到中心？			
7	JIS記載值可作為圖面上指定硬度？			
8	淬火後不再處理之鋼，最硬，最強？			
9	淬火後不再處理之鋼，雖硬但耐磨性差？			
10	彈性係數（ E ）值會因淬火而增加？			
11	鋼會因急熱發生裂痕？			
12	淬火裂痕發生於投入冷卻液之瞬間？			
13	淬火之保持時間，因物件大小而不同？			
14	調質後之機械性質，可單用硬度評估？			
15	淬火以透入心部為宜？			
16	脫碳也有用？			
17	過滲碳無用？			
18	淬火溫度就是投入淬火液之溫度？			
19	淬火可容許重複兩次？			
20	滲碳適合於低碳鋼？氮化適合於中碳鋼？			
	得 分 合 計			

所示其上限為 0.6%。Mn, Ni, Cr, Mo 等合金元素主要爲了淬火深度而添加，淬火深度謂之淬火性。

例如 C 0.40% 之 S 40 C 較 C 0.35% 之 SCM 435 可得高淬火硬度。資料上有 S 40 C 之硬度爲 HRC 50，而 SCM 435 爲 HRC 48 之例。但 SCM 435 之淬火深度較 S 40 C 爲深。

④ 硬則脆，軟則韌？

這是不對的。硬則脆，但軟不見得會韌。軟只是表示延性大，而韌性要經淬火、回火（調質）取得。抗拉試驗可以瞭解延性，衝擊試驗可以瞭解韌性（衝擊值）。

⑤ 同一材質則不論大小皆可以淬火；硬化到相同程度？

錯誤。另件愈大者淬火性愈差，此謂質量效應（mass effect）。到某一尺寸以上則表面可以淬火，但內部則因冷卻速度降低以致無法淬入，再大則連表面也無法淬入。這種惡化的程度受各種鋼料淬火性之影響，因而有「S-C 材之淬火性差，因此其質量效應大於淬火性良好之 SCM 材」等說法。

⑥ S 40 C 在直徑 25 mm 程度可以淬火到中心？

接近工具用碳鋼成分之 S 55 C (0.52 ~ 0.58% C) 可以辦到。但 S 40 C (0.37

~ 0.43% C)，在 $\phi 25\text{mm}$ 之中心硬度只有 HRC 30 左右，還達不到 0.40% C 半麻田散鐵（50% Martensite）所預期之硬度（HRC 40）。一般碳鋼之淬火硬度只能達到表面下數 mm 程度。

⑦ JIS 記載值可作爲圖面上指定硬度？

設計人員自要求強度求得所用材質，有人就直接將該材質之 JIS 記載硬度直接轉記於設計圖上，這是一大錯誤。

JIS 記載之強度，硬度並非該材質之特性，而係將直徑 25mm 試料經淬火，回火後之試驗值。因此並非該材質之固有值，會由於熱處理方法而有變化。

設計另件時先決定某一部位需要之強度，滿足必要強度需要之硬度爲多少？爲確保該硬度，應考慮質量效應，以決定適當材質。這時要選擇具有充分淬火性的鋼材。充分淬入者，經回火（調質）可耐疲勞，韌性也大。淬火不足者回火後，雖然有硬度，但強韌性不足，仍然不宜。

⑧ 淬火後不再處理之鋼最硬，最強

通常鋼之硬度與強度有平行關係，硬則強。但淬火後不再處理之鋼，雖硬但弱，亦即硬度與強度並不平行。回火溫度 200°C 以上，兩者才呈現平行關係（圖 1.2）。因此回火溫度與強度、硬度之關係曲線都自 200°C 以上表示。

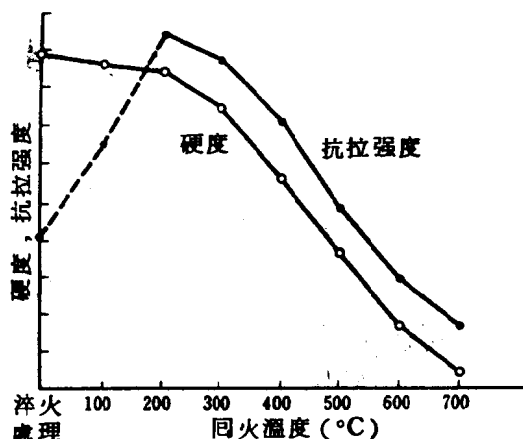


圖 1.2 回火 200°C 以上硬度與強度大致成平行

淬火後不再處理鋼之所以硬度雖高而抗拉強度低，乃由於淬火之殘留應力（熱應力與變態應力）存在。回火溫度達 200°C 以上則殘留應力可以消除 50% 以上，因而表現出硬度與強度之平行關係。

⑨ 淬火後不再處理之鋼，雖硬但耐磨性差？

硬則耐磨，原則上沒錯，因此耐磨性低者可以淬火硬化。可是僅淬火而不處理，硬度雖高耐磨性仍差，將之低溫回火（約 200°C），則如圖 1.3 所示，硬度稍降，而耐磨性則大幅提高。高溫回火則過分軟化，耐磨性又降低，以 200°C 附近之低溫回火效果最好。

淬火後不再處理，雖硬而磨耗量多，低溫回火則稍軟化，其故安在？

確實原因還不明瞭。可推測的是，淬火後不處理，由於殘留應力對磨耗有不良

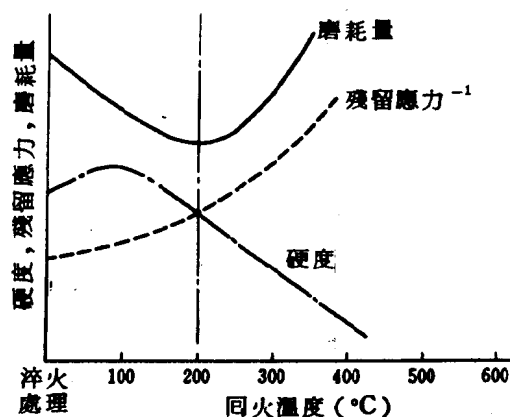


圖 1.3 磨耗量最小時之回火溫度

影響。200°C 之低溫回火後可消除 50% 應力，因而減少磨耗。殘留應力在加熱到約 450°C（應力消除退火）則可全部消除。

因此耐磨零件，例如滾珠軸承、滲碳零件、高週波淬火零件等在淬火後必經低溫回火。低溫回火可以維持硬度且大幅度消除應力。

⑩ 彈性係數值會因淬火而增加？

彈性係數（ E ）亦稱縱彈性係數或楊氏係數。等於抗拉試驗之應力（ σ ）- 應變（ ϵ ）線圖之斜率（圖 1.4）。現場亦稱剛性。 E 值雖因鋼之成分而有若干差異，但大約為 21,000 kgf/mm² 之常數，在彈性力學之計算上則以常數使用。

有人以為淬火會使 E 值增加，其實 σ/ϵ 直線斜率並不改變。淬火硬化後 E 值反而稍降，但彈性限度與降伏點會升高，因而不易發生塑性變形（腰折）。

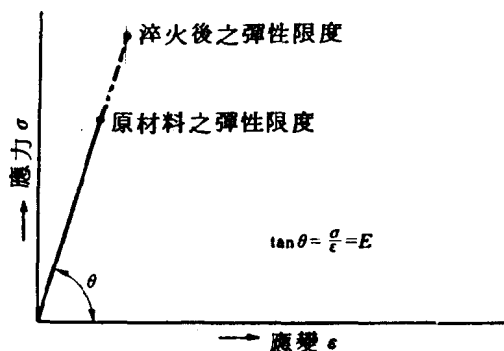


圖 1.4 淬火後彈性限度上昇，但彈性係數 E 不變

如果熱處理可以改變 E 值，機械另件之形狀必然大為改變，熱處理之適用性當可大為推廣。

E 值大的金屬有超硬合金之 $E = 60,000 \text{ kgf/mm}^2$ （約為鋼之 3 倍）， E 值小者有沃斯田鐵系不銹鋼之 $E = 20,400 \text{ kgf/mm}^2$ 。

11 鋼會因急熱發生裂痕？

鋼不會只因急速加熱裂開。急速加熱會使表面溫度上昇而膨脹。由於內部尚冷而受壓縮應力。亦即表面與內部因膨脹差而打架。表面層溫度高而軟化，可能會發生塑性變形但不會龜裂，內部則溫度低而強。

等到赤熱之鋼冷卻時，表面會因承受應力而發生裂痕。亦即急熱不裂，而是加熱後之急冷才會開裂。高溫波淬火及火焰淬火之急速加熱並不發生裂痕，但表面無法淬火硬化時，再冷卻後會發生微細熱龜裂。

12 淬火裂痕發生於投入冷卻液之瞬間？

將赤熱件投入冷水或冰水中，在投入瞬間並不裂開，會破的倒是盛水的杯碗。鋼在進入水中之瞬間尚是沃斯田鐵組織，軟而韌，無從裂開。當此沃斯田鐵變態為麻田散鐵時，由收縮逆轉為膨脹（ A_r'' 變態， M_s 點），而生裂痕，一般謂之淬火裂痕。

13 淬火之保持時間，因物件大小而不同？

視物件大小而改變的應該是昇溫時間。物件內外均已變成沃斯田鐵後之保持時間，不應因物件大小而不同，應視鋼質而改變時間。

對於構造用鋼，波來鐵變態為沃斯田鐵（ A_1 變態）成於瞬間，而肥粒鐵則在 A_1 變態點完全固溶於沃斯田鐵，因此不需要保持時間。

對於工具鋼則由於沃斯田鐵化溫度在 $A_1 \sim A_{cm}$ 間，需要將一定程度之碳化物固溶於沃斯田鐵中。此碳化物系需要 10~15 分保持時間。

14 調質後之機械性質，可單用硬度評估？

不完全淬火時，回火後之硬度夠則只能保證抗拉強度。淬火不充分者，回火後