

第 1 表

熱 處 理 法	變 形 量 (mm)				硬 度* (ヴィッカース)				
	炭素工具鋼	特殊工具鋼	高温工具鋼	高速度鋼	炭素工具鋼	特殊工具鋼	高温工具鋼	高速度鋼	
焼 入 後	① 水 冷	-0.71 +0.41	+0.36			803 782	707 642		
	② 油 冷	+0.23 +0.38	+0.28 +0.32	+0.35 +0.39	+0.32 +0.09	665 657	907 933	613 560	631 631
	③ 油 冷 (100°C)			+0.30 +0.34	+0.26 +0.09			634 613	621 705
	④ 熱浴冷	+0.08 +0.12	+0.10 -0.06	+0.31 +0.16	-0.06 -0.04	707 792	858 894	579 585	569 594
	⑤ 熱浴冷	+0.08 +0.19	+0.08 +0.08	+0.12	+0.08	613 606	813 803	592	631
二 次 焼 戻 後	①	-0.14 +0.46	+0.40 +0.14			673 673	681 629		
	②	+0.27 +0.41	+0.26 +0.36	+0.36 +0.40	+0.39 +0.09	566 554	798 772	634 657	688 793
	③			+0.31 +0.41	+0.26 +0.08			657 657	779 765
	④	+0.03 +0.08	+0.13 -0.05	+0.11 +0.11	-0.03 +0.04	649 681	743 747	681 673	765 856
	⑤	+0.10 +0.20	+0.05 +0.08	+0.06	+0.08	592 585	743 734	642	753

*硬度はA型試料の肉厚部中央の測定値を示す。

高温工具鋼、高速度鋼に於て熱浴焼入は油焼入との硬度の差は僅少で変形量では遙かに少なくなりこの方法が最適であることは明白である。

B型試料の実験結果もA型試料と同様な傾向を示している。一例として軸受鋼の結果を簡単に示すと第2表の如くである。B型試料は形状が簡単な為A型試料より変形は小である。B型に於ては焼戻後変形量は僅かに低下するが焼入時に生じた歪を取除くことは困難である。

第 2 表

熱 處 理 法	變形量 (mm)	硬 度* (ヴィッカース)
焼 入 後	① 水 冷	+0.08 843
	② 油 冷	+0.09 858
	③ 熱浴冷	+0.06 802
	④ 熱浴冷	+0.02 824
一 次 焼 入 後	①	+0.02 782
	②	+0.03 792
	③	+0.03 772
	④	+9.01 715
一 次 焼 入 後	①	+0.07 772
	②	+0.06 762
	③	+0.03 743
	④	+0.04 752
一 次 焼 入 後	①	+0.03 724
	②	+0.03 724
	③	+0.03 734
	④	±0 715

* 硬度はB型試料の下端 第1圖B型の右端)の測定値を示す。

V. 結 論

A型試料はB型試料に比較して変形量は遙かに大である。これは形状が複雑なため、この様な形のものに焼入時歪が生ずると焼戻によりこれを減少せしむる事は困難である。

恒温変態速度を減少せしめる合金元素を全く含まない炭素工具鋼に対して歪の問題では勿論熱浴焼入法がすぐれているが硬度の点で稍々不満足な結果を示すものがあつたので焼入操作上工夫を要する。

合金元素を多量に含む高温工具鋼、高速度鋼に対しては熱浴焼入法は油焼入に比し殆んど焼入硬度は変わらず変形量は遙かに少く焼割の恐なくこの方法が最適である。

(32) 高炭素一クロム鋼のマルテンパー処理に就て

(On the Martempering Treatment of the High Carbon-Chromium Steel)

新理研工業株式会社 理 安 田 洋 一
○工 村 治 敏 明

I. 緒 論

形状が複雑な高炭素一クロム鋼の鍛造品は普通焼入で屢々焼割を生ずるので之を防止する為マルテンパー処

理を行つた。

本報では此のマルテンパー処理の基礎的試料を得る為に行つた諸試験、即ち焼入硬化能・恒温変態曲線・低温浴の冷却能の測定、焼入加熱温度並低温浴温度・保持時間の決定、残留応力の測定結果等に関して報告する。

II. 試験方法、試験結果並に考察

(1) 供試材

化学成分は第1表の如くC約1%に対しCrを約0.1~1.4%に変へたもので比較の為に高炭素 Mn-Cr 鋼を加えた。何れも塩基性電気炉製のものである。

第1表 化学成分並に結晶粒度

鋼種記號	JIS	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	結晶粒度
0.1Cr鋼	SUP-4	0.92	0.24	0.48	0.021	0.019	0.08	0.28	7.0
0.4Cr鋼	—	0.95	0.31	0.46	0.020	0.020	0.42	0.25	7.0
0.7Cr鋼	—	0.94	0.27	0.47	0.022	0.020	0.72	0.27	5.5
1.4Cr鋼	SUJ-2	0.98	0.31	0.38	0.027	0.010	1.43	—	6.5
Mn-Cr鋼	SUJ-3	1.00	0.46	0.95	0.011	0.011	1.02	—	4.5(混粒)

(2) 焼入硬化能

硬化能はジョミニー試験によつたがCr量の増加と共に増大しMn-Cr鋼は1.4Cr鋼より更に大きい。焼入端末附近の硬度は何れもHv 890程度、50%マルテンサイト部はHv 630程度で端末よりの距離は夫々2.3/16, 3.4/16, 4.8/16, 6.8/16, 10.1/16吋である。

(3) マルテンパー処理条件の決定

マルテンパー処理条件を決定する為にまず低温浴の冷却能を求め、次いで1吋径×2吋長の試験片の断面硬度U曲線を測定して焼入加熱温度、低温浴温度・保持時間を決定し更に残留応力を測定した。

(3.1) 低温浴の冷却能

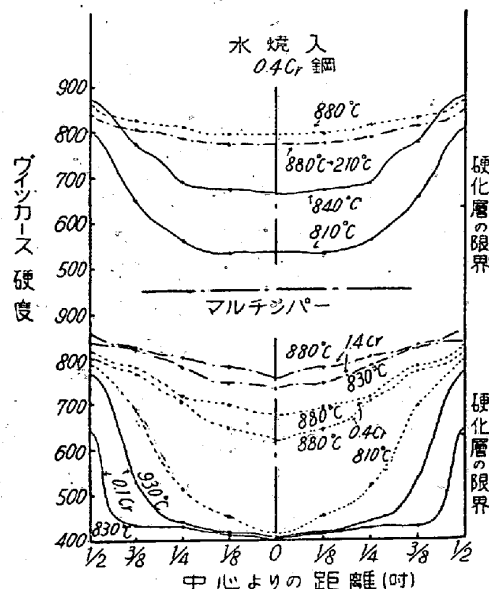
使用する浴はAr'変態を十分阻止する冷却能を必要とするのでPb 32, Sn 50, Cd 18の共晶合金浴とNaNO₂+NaNO₃+KNO₃の1回及び2回精製市販低温ソルト浴にGrossmann氏等の方法を適用して比較したが焼入強度Hは合金浴が0.95, 1回精製ソルト0.5, 2回精製ソルト0.7であつた。Hは測定者によつて異なつてはいるが合金浴の冷却能は殆んど水中静止焼入(H=1.00)に等しく、又ソルト浴の冷却能も油中攪拌焼入(H=0.5)の場合と同様かそれ以上である。

此等測定したHとジョミニー試験結果から臨界直径或は1吋径丸棒をマルテンパーした場合の中心硬度をHoytのMetal Dataの図表より求めたがその結果0.1

Cr鋼の1吋径丸棒は合金浴を用いても中心部まで硬化出来ず、又1吋径丸棒の中心硬度は0.1及0.4Cr鋼では試験結果とよく一致するか硬化能の大きい鋼種では稍々高目になる。

(3.2) 焼入加熱温度

試験片を窒素又は形成した都市ガス気流中で、810~880°Cに光輝加熱後水焼入及び合金浴を用いてマルテンパー空冷処理し断面硬度を測定した。別に1吋径丸棒の中心部冷却速度を測定したがMn-Cr鋼でもAr'変態開始線を切つているので本試験の加熱温度範囲では水焼入、マルテンパー処理の何れも加熱温度の上昇と共に中



第1圖 水焼入及びマルテンパーに於ける加熱温度と断面硬度U曲線の關係

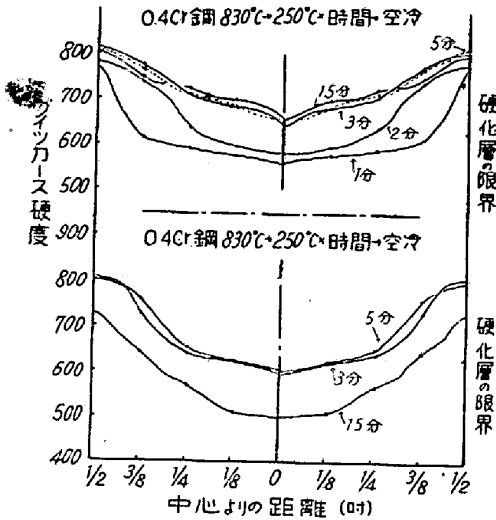
心部硬度は高くなり同一温度では硬化能の大きさに従つて硬化層も深くなる。

第1図に示した様に0.1Cr鋼では930°Cに加熱してもマルテンパーで中心部を硬化し得ない。0.4Cr鋼は810°Cでは中心部は硬化しないが830°Cで大體硬化する。水焼入の中心部硬度が840°Cと880°Cでかなり開きがあるのに対し、マルテンパーでは830°Cと

880°C の加熱で大差がないので 0.4 Cr 乃至 Mn-Cr 鋼は 830°C 以上の加熱で1吋径丸棒の中心まで温度によつてあまり変化しない硬化層が得られる。

(3.3) 低温浴温度及び保持時間

0.4, 1.4 Cr 鋼の試片を 830°C に光輝加熱した後合金浴を用い恒温変態曲線を参照して 170, 200°C に 1, 2, 3, 5, 15 分保持及び 230, 250°C に 3, 5, 15 分保持後空冷の処理を行い断面硬度U曲線を測定した。



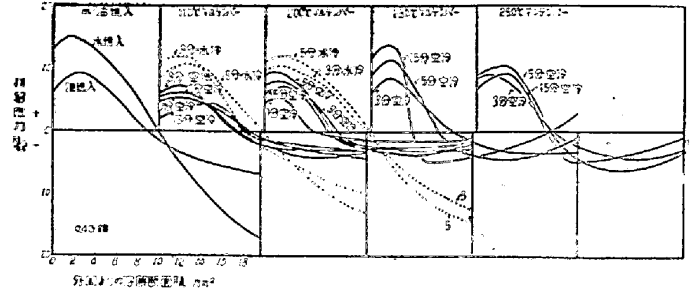
第2圖 マルテンパーに於ける低温浴温度時間と断面硬度U曲線の関係

170, 200°C 共 1 分保持では稍々硬度曲線は低いが 3 分以上では殆ど同一である。230°C では 3~15 分保持で同一であるが 250°C に 5 分を越えて保持すると曲線は低下する。1 吋径丸棒の中心は焼入後 1 分では未だ低温浴温度より約 50°C 高いが 2 分で大体浴温度に達する。1 分保持で硬度が低いのは第 3 図に示した如く残留応力が小で従つて今井・大原氏の述べて居る通り残留オーステナイトの多い為と解される。変態開始後まで保持した場合変態生成物が下部ペーナイトであると硬度は低下する。

(3.2), (3.3) より 0.4 Cr 乃至 Mn-Cr 鋼の 1 吋径丸棒は 830°C 以上に加熱した後 170~200°C では 3 分以上, 200~250°C では 3 分以上変態開始までの保持によつて殆んど 830°C 水焼入の場合と同一の硬化層が得られ焼割は皆無である。

(3.4) 残留応力

主として 0.4 Cr 鋼の 5mm 径×70mm 長の試験片を用い、Heyn の方法で軸方向のみ求め比較の為に水・油焼入、マルテンパー水冷のものも求めた。1.4 Cr 鋼の水焼入は最外層部に圧縮応力があるが他は何れも外層



第3圖 0.4Cr 鋼の水・油焼入、マルテンパー後水冷及空冷に於ける残留応力

部引張、内層部圧縮応力である。

一般にマルテンパー空冷したものは圧縮応力が広範囲にあり最大応力も概して油焼入より小であるがマルテンパー水冷したものは水焼入と同様な応力分布で最大応力も水焼入よりは小、油焼入よりは大き、焼割の危険性がある。又低温浴温度が高い程、保持時間が変態開始前は長い程開始後は短い程応力は大きい傾向が認められる。従つて残留応力の点から低温浴温度・保持時間を決定するには変態開始線附近を避けて低温の方を選び空冷すればよい。

III. 結 論

以上の試験結果を総括して次の様に結論する。

(1) 一般にマルテンパーを行う場合の低温浴温度、保持時間は硬度・残留応力の点から中心部冷却速度を考慮の上変態生成物がマルテンサイトの域を選び変態開始線附近を避けて空冷すれば焼割の危険性は殆んどない。

1 吋径丸棒程度の小物(C約 1%)の焼入に合金浴を用いるマルテンパーを適用して中心部まで硬化するには少くとも 0.4 程度以上の Cr 含有量を必要とし 830°C 以上に加熱後 175°C に 3~5 分、又は 200~230°C に 3 分程度保持し空冷すればよい。

(2) マルテンパー後空冷したものは残留応力が小であり従つて残留オーステナイトは多い筈であるから必要に応じてサブゼロ処理を行えば更に硬度を高め安定した組織が得られるであろう。

(3) 低温ソルトを低温浴に用いる場合には冷却能の点から更に Cr 含有量を高くする必要があるが寿命の点で一考を要するであろう。