

工具鋼の熱処理方法と變形について (I)

(昭和 28 年 10 月本会講演大会にて発表)

足立 彰*・山田 新太郎**

DIMENSIONAL CHANGE OF TOOL STEELS AFTER VARIOUS HEAT TREATMENTS (I)

Akira Adachi Dr. Eng., Shintaro Yamada

Synopsis:

The dimensional change of standard specimens, A type and B type, made of carbon tool steel, high C-Cr-Mn-W steel and high speed steel, was studied after conventional heat treatments and besides after interrupted quenching, the so-called martempering, marquenching and time quenching. A large portion of dimensional changes on quenching possibly was attributed to the thermal stress during the rapid cooling. By martempering, the high thermal strains were eliminated excepting those unavoidable strains in the piece resulting directly from the austenite to martensite transformation. As the result of this experiments, martempering was found suitable for the heat treatment of high C-Cr-Mn-W steel and high speed steel, especially in A type specimens whose shape was so complicated that the dimensional change on quenching was not diminished by subsequent tempering.

I. 緒 言

工具鋼の如く、その加工に際して正確なる寸法を要求する材料にては、熱処理による歪の問題が特に重要である。現在一般に水又は油焼入を行い、其後焼戻しを行っているが、最近 martempering 又は marquenching の如き、特殊な熱浴焼入法が用いられるようになった。我々は種々の工具鋼につき、この異なる熱処理法により生ずる歪を、二つの標準型により組織的に研究した。

焼入の際に生ずる歪の原因となるものは、熱応力と変態応力である。熱応力は焼入時に於いて、材料の各部に温度の急激な変化が生ずる結果、その温度差により生ずるもので、水焼入の如き冷却速度の非常に速い場合にはこれによる歪が著しい。変態応力はオーステナイト→マルテンサイト変態により生ずるもので、材料の膨脹を伴うが、これも Ms 点附近の冷却速度によりその大きさは異なる。故に焼入による歪を減少させる為には、焼入に於ける熱応力を、又 Ms 点附近の冷却速度を遅くして変態応力を軽減する事が必要であるが、我々はこのため熱浴焼入方法を行った。

此の実験では、炭素工具鋼、特殊工具鋼、高速度鋼から A 型、B 型の二つの標準試料を作り、普通の熱処理と熱浴焼入処理法により生ずる歪と硬度とを比較した。

II. 試 料

実験に使用した材料は炭素工具鋼、特殊工具鋼、高速度鋼で、その化学成分は第 1 表に示す如くである。之等の材料を完全焼鈍後所定の寸法に切削加工を施し、其後低温焼鈍を行った。A 型、B 型の形状寸法は第 1 図に示すが、A 型は複雑な形をしており、尖端部と下部との肉厚の差が大である。B 型は丸棒状で上部に互に直角にドリル孔が二つある。

III. 實 験 方 法

実験に用いた熱処理法は、第 2 表に示す如くである。鋼種別に焼入温度を一定にして置き、焼入剤の種類、温度、保持時間を変化させ、その焼入冷却速度を変えた時の歪と硬度を測定した。

試料の加熱の際急激な温度変化を避けるため、炭素工具鋼、特殊工具鋼では 500°C 迄徐々に加熱し、其後焼入温度まで急速に加熱した。加熱時の酸化を防ぐため、加熱は炭素工具鋼、特殊工具鋼の A 型では中性雰囲気中、B 型は真空中で行い、高速度鋼では A、B 両型共ソルトバスを使用した。又炉内の自重による歪を避ける為、炉

* 大阪大學教授、工博

** / 工學部

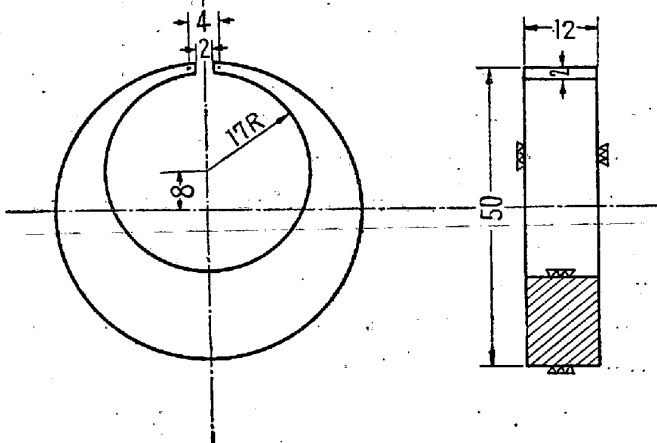
第1表 工具鋼の化學成分

工具鋼の種類	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cr%	W%	V%	Co%
炭素工具鋼	0.74	0.18	0.41	0.017	0.013	Trace	—	—	—
特殊工具鋼	0.88	0.2	0.84	0.012	0.008	0.63	0.75	—	—
高速度鋼	0.74	0.05	0.42	0.021	0.009	4.64	17.84	1.09	4.11

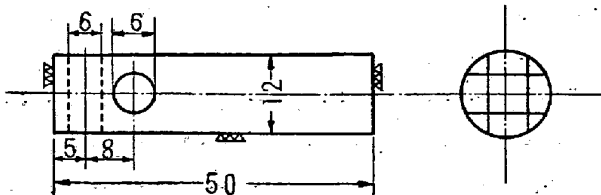
第2表 實驗に用いた熱処理法

工具鋼の種類	番號	焼入方法	焼入温度	保持時間	焼入劑	焼入劑の温度	一次焼戻の温度	保持時間	二次焼戻温度	保持時間
炭素工具鋼	①	水焼入	800°C	A型30min B型20min	水	23°C	A型 200°C B型	1hr	A型 250°C のみ	1hr
	①'	二段焼入	//	//	水(4sec)→油	水23°C 油24°C	//	//	//	//
	②	油焼入	//	//	油	24°C	//	//	//	//
	③	熱浴焼入	//	//	油	120°C	//	//	//	//
	④	熱浴焼入	//	//	油	200°C	//	//	//	//
特殊工具鋼	①	水焼入	820°C	A型30min B型20min	水	23°C	A型 200°C B型	1hr	A型 250°C のみ	1hr
	②	油焼入	//	//	油	24°C	//	//	//	//
	③	熱浴焼入	//	//	油	120°C	//	//	//	//
	④	熱浴焼入	//	//	油	200°C	//	//	//	//
	⑤	油焼入	1260°C	A型10min B型7min	油	35°C	A型 550°C B型	1hr	A型 600°C B型	1hr
高速度鋼	②	温油焼入	//	//	油	100°C	//	//	//	//
	③	熱浴焼入	//	//	鉛浴 5min 後空冷	400°C	//	//	//	//
	④	熱浴焼入	//	//	//	500°C	//	//	//	//

A型試料

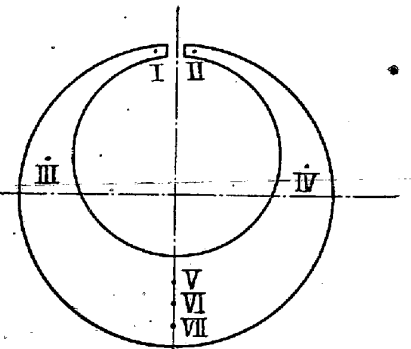


B型試料

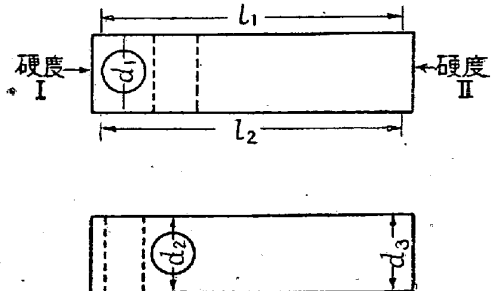


第1圖

A型試料



B型試料



第2圖

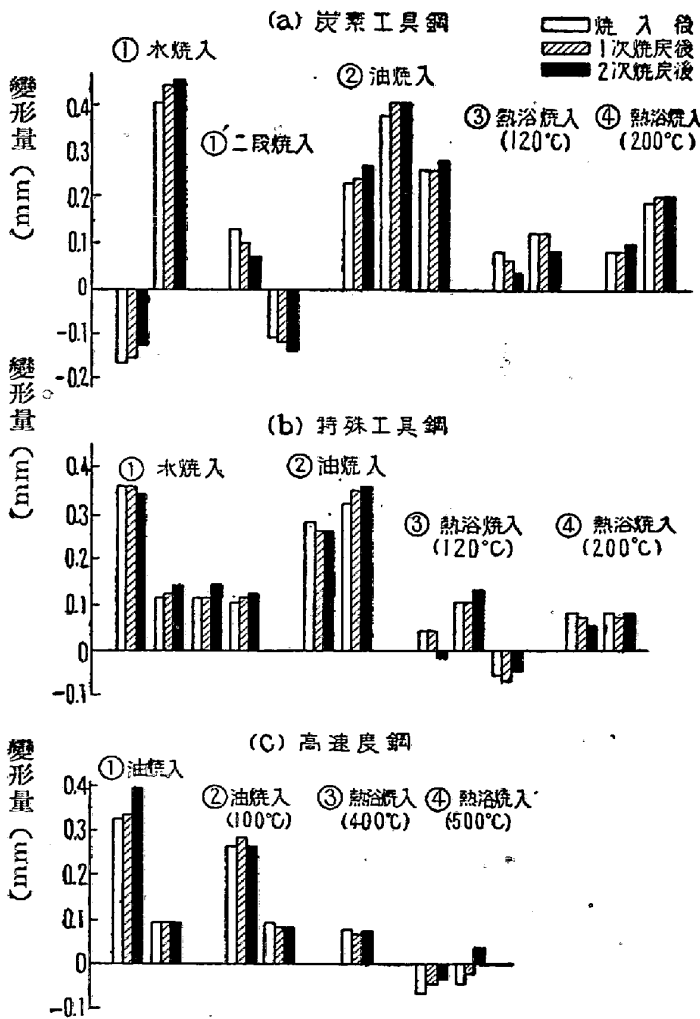
内では試料を最も安定な位置に置いた⁹⁾。

変形量の測定には、A型では第1図に示す如く尖端部に刻印を附し、その間隔を焼入前に正確に測定して置き焼入後及び1次、2次焼戻後各々その間隔を測定し、焼入前との差を比較した。B型では第2図に示す如く、直径方向 d_1, d_2, d_3 の3ヶ所軸方向 l_1, l_2 の2ヶ所、合計5ヶ所を測定し、焼入前と焼入、焼戻後の長さの差をB型の変形量とした。又歪と同時に各処理後、硬度をA型は第2図に示す7ヶ所、B型は上下端2ヶ所で測定した。測定器具は変形量には1/100mm 精度のコンパレーター及び1/1000mm 精度のマイクロメーターで、硬度計はヴィカース硬度計を使用した。

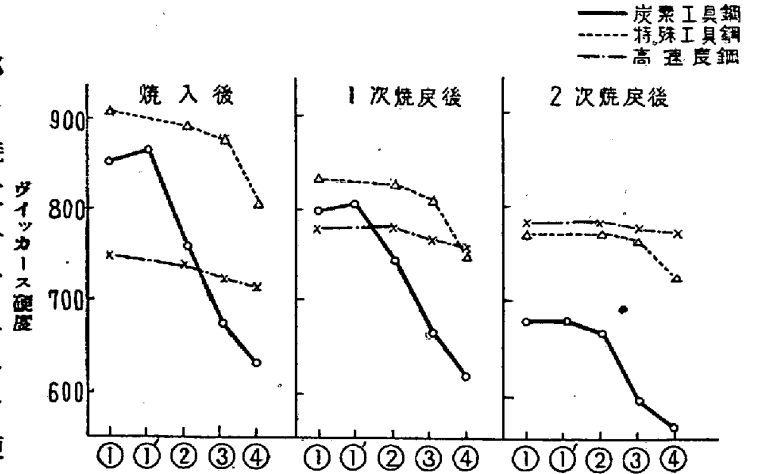
IV. 實驗結果及び考察

A型:

第3図はA型試料の熱処理方法と変形量との関係を示し、第4図は熱処理法とA型最下端の硬度を示す。



第3図 A型試料に於ける種々な熱処理方法と変形量との關係



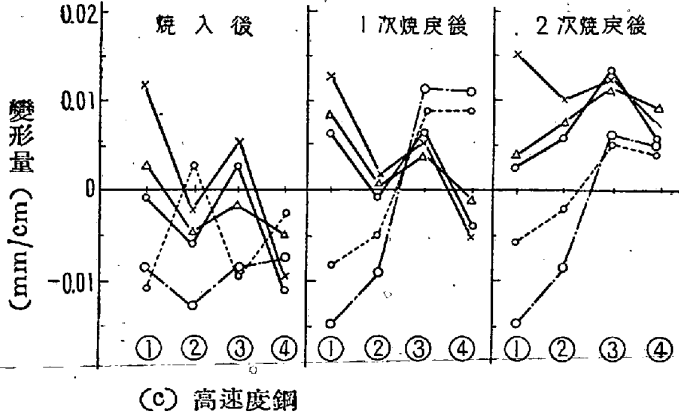
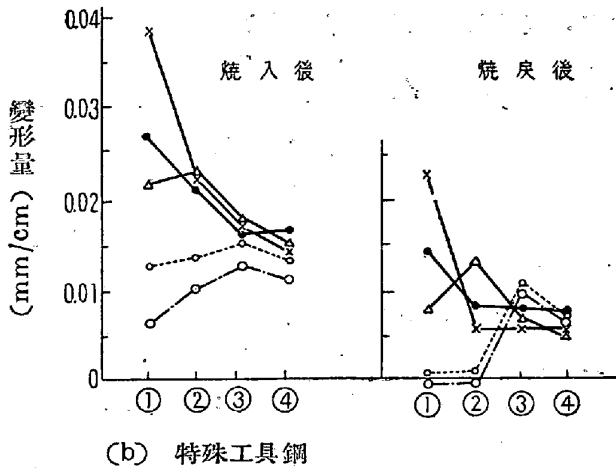
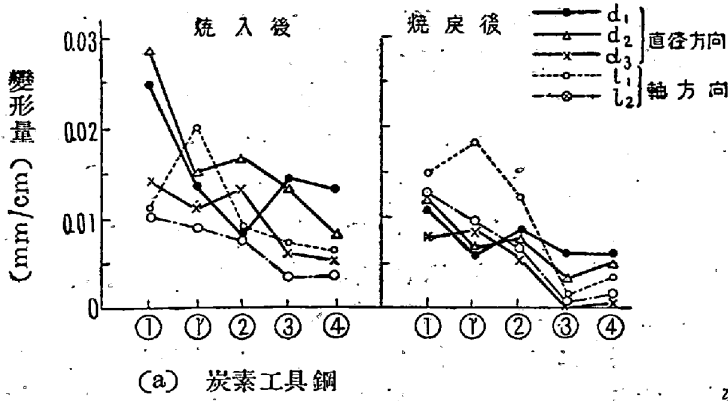
第4図 A型試料に於ける種々な熱処理方法と硬度との關係

炭素工具鋼: ①の水焼入後の変形量は、 $+0.41\text{mm}$ と -0.17mm でその変形量も大であるが、特にその差が著しい。これは焼入の際大なる熱応力と変態応力とによつて生じ、而もこの際に於ける応力も、各試料共一樣に生ぜず試料により相違している。②の油焼入の場合変形量は大であるが、偏差が水焼入の場合に比し、非常に減しているが、これは水焼入の場合に比し発生応力が少い結果である。③、④の熱浴焼入を行うと、変形量は著しく減少しその偏差も小である⁹⁾。これは変態時に於いて試料内外の温度差は普通の焼入に比し遙に少く、此の場合の変形は殆んど変態歪と考えられる。従つて不規則な熱歪が少く、このため変形量の偏差も少い。二段焼入 (time quenching) を行つた場合、即ち①'の場合初め水に4秒間焼入れ其後油中に焼入を行つたが、その変形量は水焼入に比し非常に減少している。

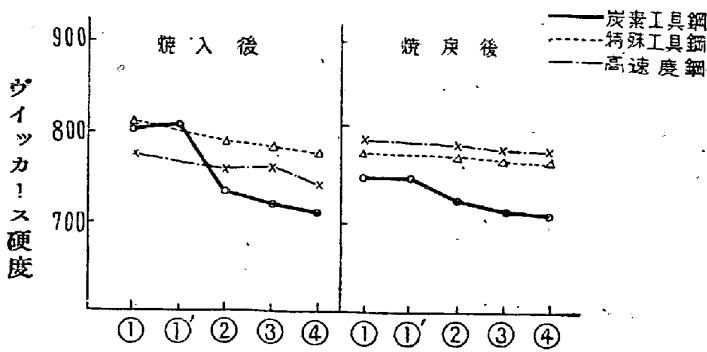
焼戻を 200°C 1時間行つた結果、変形量は減少するより寧ろ増加する傾向にあり、二次焼戻を 250°C 1時間行つた後も殆んど変化しない。A型の如き形状のものでは、一度変形を生ずると之を焼戻により減少させる事は出来ない。

硬度は水焼入の場合最も大きく、油焼入では可成り硬度が低下している。熱浴焼入では硬度が更に著しく減少し、水焼入後一次焼戻を行つた場合の硬度より低く、二次焼戻を行つた時の硬度と同程度であり、この種の工具鋼としては硬度が低過ぎる。二段焼入の硬度は水焼入と同様な結果を示している。

特殊工具鋼: 此の鋼種に於いても、炭素工具鋼と同様な結果を示している。即ち水焼入の場合には変形量大であるがその偏差が減少している。水焼入の試料中の一つに



第5圖 B型試料に於ける種々な熱処理方法と變形量との關係



第6圖 B型試料に於ける種々な熱処理方法と硬度との關係

焼割が生じた。熱浴焼入④は變形量も少く偏差が少ない。焼戻の結果、變形量は減少せず寧ろ増加している。此の鋼種は Mn, Cr の影響のため、油焼入でも水焼入と殆んど同様な硬度を示し、④の熱浴焼入の硬度は稍減少しているが、水焼入及び油焼入後一次焼戻をした場合の硬度と同程度で尚硬度は大である。

高速度鋼⁵⁾⁶⁾：熱浴焼入方法にて變形量少く偏差も小で、又硬度も油焼入の場合と殆んど同程度である。

焼戻を行つた場合①、④の処理の中各々一つはその變形量が可成変化している。硬度は焼戻により漸次増加している。

B型:

B型試料の變形量及び硬度を第5図及び第6図に示す。變形量は各試料の平均値で直径方向、軸方向共に1cm 当りの變形量を示す。硬度は試料の下端の測定値である。

炭素工具鋼：①の水焼入の結果は、變形量の大きさが他の処理法より大である事はA型と同様であるが、B型に於いては直径方向 d_1, d_2, d_3 の各變形量が相当異つてゐる。②の油焼入に於いては變形量は水焼入に比し減少しており、その位置による差も小さい。③、④の熱浴焼入に於いては變形量は油焼入に比し稍減少しているが大なる差はない。

焼戻の結果B型に於いては變形量は減少し、位置による變形量の差も少くなつてゐる。硬度はA型と同様熱浴焼入の試料は低過ぎるが、二段焼入では水焼入と同程度の硬度を示している。

特殊工具鋼：①の水焼入の結果に於いて特に著しい事は、變形量が方向及び位置により非常に異なる事で、油焼入になるとその差が減少し、熱浴焼入では各部分の變形量が同程度になる。この事から水焼入に於いては大なる熱応力が作用し、而もこの熱応力が材料の各部分により異なる事、即ち不規則性が示されている。

硬度は熱浴焼入と油焼入後焼戻をした場合と同程度であるが、この両者の變形量を比較すると、前者は方向及び位置により變形量は変わらないが、後者は大なる差を有している。

高速度鋼：焼入後の變形量は、①の油焼入が稍々大きい。他の処理法に於いても可成大である。高速度鋼に於いては、焼入後相当多量の残留オーステナイトが存在するから、1次及び2次の焼戻によりその体積は膨脹し従つて變形量も異つてくる。①、②の油焼入に於いては焼戻により方向位置による變形量の差が顯著となるが、③、④の熱浴焼入では、それが漸次減少している。硬度

は普通焼入法と熱浴焼入法とは殆んど同程度である。

V. 總 括

炭素工具鋼、特殊工具鋼、高速度鋼の3種類の工具鋼によりA型、B型の二つの標準試料をつくり、水焼入、油焼入等の普通の熱処理法と、*martempering*, *marquenching* 等の熱浴処理法とによる変形及び硬度について比較検討したが、その結果を要約すれば次の如くである。

A型試料について

①. 各鋼種共熱浴焼入法により、焼入による変形量を著しく減少せしめ、且その偏差も少なくする事が出来る。

②. A型の如き形状のものでは、焼入により生じた変形は焼戻により減少せぬ。

③. 炭素工具鋼は熱浴焼入により水焼入よりも変形量は低いが、同時に硬度も可成り低いので、実用上硬度の低下しない二段焼入法が適している。特殊工具鋼、高速度鋼にては、熱浴処理により硬度は充分高く変形量が最も少いので、この方法が最も適当である。

B型試料について

④. 炭素工具鋼及び特殊工具鋼に於いて、B型試料の

ような形状のものでは、焼入による変形は焼戻により減少する。特殊工具鋼に於いて熱浴焼入後の変形量と、水焼入或は油焼入後焼戻をした場合の変形量とを比較すると、同一硬度で、前者は方向及び位置による変形量の偏差が著しく少い。

⑤. 高速度鋼に於いては、残留オーステナイトのため焼入直後の変形量はやゝ不規則であるが、焼戻の結果、熱浴焼入の変形量は最も少い。

終りに本研究遂行に当り、熱心に協力し実験された坂本虎雄、中島隆両氏に対し深く感謝の意を表する次第である。(昭和28月12月寄稿)

文 献

- 1) J. Y. Riedel: *Metal Progress* (1950) Dec. 853
- 2) H. J. French: *Tr. A.S.S.T.*: 17 (1930) 848
R. P. Seelig: *Iron Age* (1949) Sep. 72
- 3) H. Scott & T. H. Gray: *Tr. A.S.M.* 29 (1941) 505
- 4) K. Rose: *Mat & Meth* (1950) Nov. 66
- 5) L. H. Seabright: *Iron Age* 68 (1951) 101
- 6) J. P. Gill; G. A. Roberts; H. G. Johnstin; Burns George: *Tool Steel* 1946