技 術 論 文

高温工具鋼の熱処理と残留應力*

多賀谷 正義** 足 立 彰*

Masayoshi Tagaya and Akira Adachi: Estimation of Internal Stress in Variously Heat Treated Hot-work Tool Steels. The stress restored in hot-work tool steel (0.3% C, 10% W, 2.5% Cr, 0.3% V) which had variously been heat treated, was measured by Nishihara's method. The dimension of the specimen was 4 mm × 10 mm × 10 mm. A summary of the more important results of this work is as follows :

(1) Full annealed specimen was treated.....heated to 850°, kept 2 hours then slowly cooled with cooling velocity of 50°/hr. The specimen had no visible residual stress.

(2) Quenched from just below the critical temperature. The specimen was kept at 750° for 40 minutes then quenched in oil. This specimen showed so called thermal stress type residual stress.....compression near the surface and tension near the center.

(3) Quenched in oil or air from above the critical temperature. The specimen was kept at 1200° for 40 min and then quenched in oil or in air. The max. compression remained at the surface and max. tension near the center; this was so called typical transformation stress type.

(4) Quenched and tempered state. The specimens was treated the same as mentioned above (3) and then reheated to 600° for 40 minutes, and then furnace cooled. The residual stress was reduced remarkably as shown in Fig. 3. By these treatments the specimen increased its toughness keeping max. strength or max. hardness, so that, in general, the steel is used in this state.

(5) Martempered state. The specimen was heated respectively at 1200° and 1100° for 40 min, then quenched in lead bath at 500° for 40 min and then quenched oil or in air. In this state, as shown in Fig. 4, the residual stress was minima, but strength and hardness was very high as in direct quenched state.

(Received November 23, 1951)

I. 緒 言

金属材料の挫出、抽伸などの高温加工に用いられる高温工具鋼の熱処理と機械的性質との関係についてはさきに報告⁽¹⁾したが、實際製品を熱処理する場合あるいは使用の際に破損することが多いので本鋼材において同一機械的性質たとえば同一硬度を得んとする場合の熱処理方法と残留應力との関係を調査した。鋼材の熱処理による残留應力の測定方法としては種々なる方法が研究されているが、一般に廣く採用されている圓筒體におけるザックス法⁽²⁾と板材における西原法⁽³⁾とによつて實驗を進めた。本報では後者による結果のみを報告する。高温工具鋼は高速度鋼に近い組成を有するため焼入温度も極めて高く従つて焼入れによる熱應力も大きい。本鋼材は熱傳導度も極めて悪いので処理方法を誤ると焼割れや大きな變形を起し易い。しかし過冷オーステナイトの變態速度が極めて遅い区域があるのでいわゆるマルテンパー處理には適している。これらの特殊熱處理を施せる場合も従來の方法による結果と比較した。

** 大阪大學工學部

* 1951年10月本會神戸大會に發表

(1) 多賀谷, 足立, 伊東, 鐵と鋼, 36 (1950), 349.

(2) G. Sachs, Z. Metallk., 19 (1927), 352.

(3) 西原, 平, 機械學會論文集, 14 (1948), 2.

II. 實驗方法

實驗試料は下記組成の鋼材より鍛造成形して 4 mm × 10 mm × 100 mm なる寸法に仕上げたものを次項に記述した試料の化學分析成分

C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	W	V
0.30	0.26	0.27	0.015	0.009	0.11	2.12	8.96	0.40

條件にて處理したものを西原法⁽³⁾に従つてその残留應力を測定した。

III. 實驗結果

1. 完全に焼鈍を行つた場合

試料を完全焼鈍するため 850° に 2 時間保持した後徐冷した。徐冷速度は 200° までを 50°/hr で行つた。試料の焼鈍後の硬度は Rc 22.4 であつた。かゝる試料について測定した残留應力は測定誤差範囲内で零であつた。

2. 變態點以下から焼入した場合

Fig. 1 は試料を變態點 (833°) 以下の 750° に 40 分間保持した後油中に焼入れた場合の残留應力の分布を示す。すなわちいわゆる熱應力型であつて外周邊部の壓縮最大應力値から中心部の張力最高値へ移つている。

3. 変態点以上の温度から油中冷却および空中放冷した場合

変態点以上の温度すなわち 1200°, 1100° にそれぞれ40分

Fig. 1

間保持した後油冷, 空冷した場合は Fig. 2 に示するような残留應力を示す。外周部の圧縮最大應力値から中心部附近の張力へと変移していわゆる変態應力型となつている。

Fig. 2

4. 焼入れ焼戻した場合

前項と同様な処理すなわち 1200°, 1100° にそれぞれ40分間保持した後油冷および空冷したものをさらに加熱して600° に40分間保持した後爐中冷却した。その結果は Fig. 3 に示す如く Fig. 2 に示す場合より著しく残留應力が減少している。このような焼戻し処理によつても焼入れたまゝの最高強度あるいは最高硬度は減退せず、伸び、絞り、衝撃値が高くなり靱性を増すため一般にはかゝる熱処理状態にて使用するのがよい。

5. マルテンパー処理した場合

試料をそれぞれ 1200°, 1100° に加熱し40分間保持した後500° の鉛浴中に急冷して40分間保持し試料全體を安定な過冷オーステナイトに恒温保持した後取出しさらに油冷

および空冷を行った。かような処理を施した結果は Fig. 4 に示す如くその残留應力値は何れも前項の焼入れ焼戻処理を施した場合よりも少い。しかも硬度および靱度はほとんど

Fig. 3

同様であつた。なお機械的性質に関しては改めて別に報告する。

Fig. 4

6. 各種熱処理による残留應力値の比較

Fig. 5 および Fig. 6 はそれぞれ焼入れ温度が 1100° および 1200° の場合における上記各種熱処理による残留應

Fig. 5

力値を取纏め比較したものである。この結果を見るに焼入れ温度の高い方が残留應力値が大きくまた焼入れ冷却速度の

大きいものほど大となつている。マルテンパー処理を施す場合最後に空冷したが最も小さな残留応力値を示している。實際製品を熱処理を施す場合は肉薄製品または小型製品はかゝるマルテンパー処理が最もよいが大形製品または

Fig. 6

肉厚製品は焼入れ焼戻し処理を施さねばならないが、この場合焼入れは中心部の温度が 400~500° 程度まで急冷し引上げ次に焼戻し処理を行うのがよい。

IV. 総 括

高温工具鋼の各種熱処理を施したものの残留応力を測定した結果を要約すると次の通りである。

(1) 完全焼鈍した場合は測定精度内にて残留応力は認められない。

(2) 変態点以下から急冷した場合は表面圧力、内部張力の残留応力を示し、従来の多くの研究結果と一致した熱応力型を示す。

(3) 変態点以上から急冷した場合は本実験試料が小さいため質量効果の影響はほとんど現われず純変態応力型すなわち表面張力、内部圧力の分布を示した。

(4) 前項の場合焼入温度の高いほどまた冷却速度の早いほど残留応力は大きい。

(5) 焼入焼戻し処理を施すと硬度ならびに強度を失わず著しく残留応力値を減少するが、いわゆるマルテンパー処理を施したもののほうがさらに少く優れている。

なお試料を圓筒體として寸法の大きなものにつき質量効果の残留応力への影響を調査しなければ實際大型製品における残留応力、従つてその焼割れや變形に關係した結果は求められない。實際大型製品の故障は熱応力を主とする場合が多いように考えられている。冷却速度の遅い場合とかマルテンパー処理の如く、過冷オーステナイトの恒温処理の場合には多量の残留オーステナイトを生ずる點も注意を要するものと考えられる。これらの點に關しては後日報告する積りである。

終りに臨み本研究に當りその一部を擔當され熱心に實驗された倉都 淳、長田邦夫、小谷治郎の諸氏に感謝するとともに本研究は文部省科學研究費の補助を受けて行われたものであることを附記する。