高速度鋼の恒温処理と残留オーステナイトの挙動について (第1報)*

小柴定雄** 田中和夫** 稲田朝雄**

Sadao Koshiba, Kazuo Tanaka and Asao Inada : Some Studies on Isothermal Transformation and the Behavior of Retained Austenite for High Speed Steels (I). For isothermal transformation of high speed steel, we investigated the effect of hot bath temperature and holding time on the Ar'' transformation by tempering after quenching, and then the change of intensity of magnetization and dilatometric curve in the hot bath. Results of this experiment are as follows: (1) When the holding was done in hot bath of 250~300°, the Ar'' transformation was difficult to occur on cooling because lower bainite came to be present, and then this stabilized austenite more. Therefore, more austenite was retained at room temperature and secondary Ar'' transformation on tempering was increased more than by oil quenching. (2) When the sample it was held for a long time in hot bath of 600°, two steps of dilatation were presented on cooling and the retained austenite was decreased at room temperature, and secondary Ar'' transformation on tempering was lowered.

(Received March 29, 1954)

I. 緒 言

高速度鋼の熱処理に関しては従来から多数の研究が行われている。殊に低 W 高速度鋼については、さきに著者の一人⁽¹⁾が詳細に発表した。一方、高速度鋼の切削性能をより向上せしめるため、その熱処理方法として近時オーステンパー、マルテンパーおよび低温処理 (sub-zero) 等が行われているが、これらにおける諸現象についてはなお不明の點が多い。本研究は低 W 高速度鋼について恒温処理における熱浴温度および保持時間の焼戻 Ar'' 変態におよぼす影響、飽和磁気の強さ I_{∞} および熱浴中の膨脹曲線等を調べ、残留オーステナイトの挙動について究明した。

II. 試料および実験方法

実験に用いた試料は X-1, X-3 と記號した 2 種類でその化学成分を Table 1 に示す。また試験片は豫め 880° で完全焼鈍したものを用い、熱膨脹用は 7φ×70 mm、磁気測定用は 5φ×120 mm に仕上げた。焼入はソルトバス

Table 1 Chemical composition.

Mark	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V	Co
X-1	0.73	0.18	0.50	0.021	0.005	4.26	10.66	1.70	—
X-3	0.75	0.14	0.44	0.018	0.006	4.03	14.70	1.68	9.37

により豫熱は 900° に 10 分とし、焼入温度は試料 X-1 は 1280, X-3 は 1300° とし、何れも 1.5 分間浸漬した。しかる後 100~600° の各熱浴に急冷し、その温度で所要時間恒温変態を行わしめた後、50° の油中に急冷した。かくして熱処理を終った各試料について本多式熱膨脹計により

** 日立製作所安来工場

* 1953 年 10 月本會仙臺大會に發表。

(1) 小柴, 高速度鋼, (昭 25, 4)。

600° 焼戻における二次 Ar'' 變態の生起状況および弾動電流計法による飽和磁気の強さ I_{∞} を測定した。また熱浴中の膨脹曲線についても調べた。

III. 実験結果

1. 熱浴温度および保持時間の二次 Ar'' 變態におよぼす影響

7φ×70 mm 試料を用い、各焼入温度から 100~600° の熱浴に急冷し、その温度に 10 分~10 時間保持後油冷したものについて硬度を測定し、かつその焼戻膨脹曲線を求めた。Fig. 1 および Fig. 2 は試料 X-1 および X-3 の熱浴温度および保持時間と硬度との關係を示す。まず X-1 の場合は、100° の熱浴に保持したものは保持時間を増し

Fig. 1 Relation between temperature of hot bath, holding time and hardness for X1.

てもその硬度は直接油中に焼入れたものとはほとんど變りがない。200° のものは 10 時間保持したものが僅かに低下する。250° に保持した場合は 1 時間附近より保持時間を増加するに従いやゝ急激に硬度を減少する。また 300° では

保持時間 10 分附近より硬度を低下し前者に比し変態進行速度が早い。しかし 400 および 500° では保持時間を

Fig. 2 Relation between temperature of hot bath, holding time and hardness for X3.

増加す X も硬度は油焼入したものほとんど變りない。なおこれらの組織をみるに 300° 熱浴のものは 1 時間保持で針状ベイナトが明瞭に現われ、時間とともその量を増加し、また 250° では 4 時間以上のものに現われている。400° および 500° に保持したものは保持時間の長短にか

Fig. 3 Dilatometric curve of isothermal transformed specimen in 100° hot bath for X1.

わらず油焼入したものと大差がない。また X-3 もこれとほぼ同様の傾向を示すが、200 ~ 350° 熱浴のものは保持時間に對する硬度低下は X-1 の場合よりもやゝ著しい。すなわち X-3 はこの温度範囲では X-1 に比し變態進行速度が早い。次に Fig. 3 は X-1 を 100° の熱浴に保持したものと焼戻膨脹曲線を示す。焼戻の加熱速度は 10°/min とし、600° に 10 分間保持後冷却した。その際の冷却速度は 5°/min とした。その結果は圖示の通りで 100° の浴中保持時間の長短にかかわらず、二次 Ar'' 變態點はほとんど變化がない。また比較のために求めた直接油中焼入したものと二次 Ar'' 點は X-1 が約 297°, X-3 が約 346° である。すなわち 100° に 10 時間保持したのも、その二次 Ar'' 變態點の生起温度は油焼入のものと變りがない。200° に保持したものは Fig. 4 に示すが、10 時間保持したものが二次 Ar'' 點を僅かに上昇しかつその膨脹量もやゝ大であ

る。また Fig. 5 は 300° の熱浴に保持したものと結果を示す。10 分保持したものと二次 Ar'' 點は油焼入のものと變りないが、1 時間保持したものはかなり上昇し、それ以上では保持時間を増すほど却つて低下の傾向を示す。膨脹量は 1 時間保持したものに比し 4 時間以上のものが大きくかつ常温近くで再び膨脹が起る。なお 250° に保持したのもこれとほぼ同様の傾向を示すが、前者に比し二次 Ar'' 點を上昇する浴中保持時間が長時間の方に移る。また 350° および 400° に保持したものは、保持時間を増加しても二次 Ar'' 點は油焼入したものとそれと何ら變りがない。500° に保持したのも Fig. 6 に示す如く二次 Ar'' 點は變りないが、10 時間保持したものは膨脹量がやゝ少い。また Fig. 7 は 600° に保持したものと結果を示すが、浴中保持時間を増すほど二次 Ar'' 變態點を低下し、特に 10 時間保持したものはほとんど認められない。しかし 10 時間保持したものを焼戻において 1 時間保持し冷却した場合は約 240° に二次 Ar'' 點を生じた。すなわち焼戻保持時間を長くすれば二次 Ar'' 點が現われる。一方 X-3 も X-1 とほぼ同様の傾向を示すが、前述の如く 200 ~ 350° 熱浴における變態進行速度は

Fig. 4 Dilatometric curve of isothermal transformed specimen in 200° hot bath for X1.

Fig. 5 Dilatometric curve of isothermal transformed specimen in 300° hot bath for X1.

は、前述の如く 200 ~ 350° 熱浴における變態進行速度は

X-1 に比して早く、従つてこれが焼戻曲線においては浴中保持時間に対する變化が X-1 に比し著しい。特に 200°

合は 100, 400 および 500° 熱浴に保持したものは保持時間により I_{∞} は餘り變化しないが、200° では 10 時間保持

Fig. 6 Dilatometric curve of isothermal transformed specimen in 500° hot bath for X1.

Fig. 8 Dilatometric curve of isothermal transformed specimen in 200° hot bath for X3.

Fig. 7 Dilatometric curve of isothermal transformed specimen in 600° hot bath for X1.

に保持したものは Fig. 8 に示す如く、4 時間以上保持したものが二次 Ar'' 變態點を著しく上昇しかつその膨脹量も大きい。350° 熱浴に保持したもののこの傾向を現わすが前者に比しその程度は小さい。また 600° 熱浴に 10 時間保持したものを X-1 と同様に焼戻温度に 1 時間保持して冷却したが、二次 Ar'' 點は認められなかつた。

2. 熱浴温度および保持時間と I_{∞} との関係

前述と同様に 100~600° の各熱浴に急冷し、各時間保持後油冷したものについて飽和磁氣の強さ I_{∞} を測定した。Fig. 9 および Fig. 10 はその結果を示す。まず X-1 の場

Fig. 10 Relation between temperature of hot bath, holding time and I_{∞} for X3. (Max. heating temp. 1300°).

したものがやや低下し、また 250 および 300° に保持したものは前者に比し急激に I_{∞} を減少する。すなわち残留オーステナイトを増加する。なお 300° に 10 時間保持したものは 4 時間のものに比し I_{∞} はやや高くなる傾向を示す。一方 600° の熱浴に保持したものは保持時間を増すほど I_{∞} を上昇する。すなわち残留オーステナイトを逆に減少することが

認められる。また X-3 もこれと同様の傾向を示すが、200° および 350° における I_{∞} の低下は X-1 に比して著しい。また Fig. 11 は焼戻した場合の結果を示し、 I_{∞} は前述に比し全般的に上昇するが 250 および 300° に保持したものは他の熱浴のものに比して低い。

3. 恒温浴中における変化

焼入温度より各熱浴に急冷し、その温度に 1 時間保持中の變化およびこれを空冷した際の膨脹曲線を調べた。Fig. 12 および Fig. 13 は X-3 の 100~650° 熱浴に保持した結果を示す。圖中 XY 軸より右方の曲

Fig. 9 Relation between temperature of hot bath, holding time and I_{∞} for X1 (Max. heating temp. 1280°).

Fig. 11 Relation between temperature of hot bath, holding time and I_{∞} for X1 at 600° tempering.

線は空冷における変化を示す。すなわち 100° に急冷した場合は Ar'' 変態による膨脹が急激に起る。 200° では保

Fig. 12 Relation between holding time and dilatometric curve at $100\sim 300^{\circ}$ hot bath for X3.

Fig. 13 Relation between holding time and dilatometric curve at $350\sim 650^{\circ}$ hot bath for X3.

保持時間の長い程短時間の方に移り、第2段の膨脹は長時間の方に現われる。これらの組織をみるに恒温変態は起っていないが、長時間保持したものは油焼入のものに比し、オーステナイト結晶粒界が腐蝕され易い。硬度は油焼入のもの Rc 64.2 に對し、20 時間保持したものは Rc

保持時間とともに逐次膨脹するがその程度は前者に比し小さい。しかし空冷の際の膨脹量は最も大である。またベイナイト生成温度範囲の 250 および 300° においてはその保持中に著しい膨脹を示すが、空冷の際には Ar'' 変態による膨脹が小さく、殊に 300° のものはほとんど現われない。また $500\sim 650^{\circ}$ ではその保持中にほとんど變化がなく、空冷の際には Ar'' 変態による膨脹を示すが 650° 熱浴のものは2段に膨脹が現われる。なお2段の變化は 600° に長時間保持した場合にも現われる。すなわち Fig. 14 は 600° に 1, 4, 8 および 20 時間保持した場合を示すが、4 時間以上のものにその冷却の際に2段の膨脹が認められかつ保持時間を増加するほど第1段の膨脹が大きく、第2段のそれは小さくなる。また第1段の膨脹開始は浴中

63.8 で僅かに低い。またこの場合の變態生起温度を知るため、 600° 熱浴に 20 時間保持後空冷した時の温度と膨

Fig. 14 Relation between holding time and dilatometric curve when air cooled from 600° hot bath for X3.

Fig. 15 Relation between temperature and dilatometric curve when air cooled from 600° hot bath for X3. (holding time 6 hrs).

脹曲線との關係を調べた。Fig. 15 はその結果を示す。すなわちこの場合の變態生起温度は第1段が 270° 、第2段が 120° 附近であるが、浴中保持時間をさらに長くするとこの場合より第1段の變態生起温度を上昇し第2段のそれは低下する。また X-3 の 500° および 600° 熱浴に 20 時間保持したものについて、前述と同様に焼戻膨脹曲線を求めたが、 500° に保持したものは二次 Ar'' 點を約 300° に現わしその膨脹量も少くなる。すなわちこの温度においても長時間保持すれば油焼入したものに比し二次 Ar'' 點を低下する。 600° の場合は 10 時間保持したものと同様の傾向を示し、二次 Ar'' 點は認められなかつた。なお 600° に 20 時間保持したものの焼戻組織は油焼入したもののそれに比し焼戻され難いようにみられる。

IV. 結果に對する考察

上述の實驗結果について考察すれば次の如くである。

100° の熱浴に保持したものは、本實驗の保持時間ではその長短にかかわらず硬度および I_{∞} は普通に油焼入したものとほとんど變りなく、また焼戻した場合の二次 Ar'' 變態點も變りがない。 250° および 300° に保持した場合は下部ベイナイトが析出し、これによりオーステナイトが安

定化するためその冷却に際して Ar'' 變態を生起し難くなる。従つて常溫においては油焼入したものに比し一次マルテンサイトが少く、残留オーステナイトの多いものが得られ硬度を低下する。これを焼戻した場合は二次 Ar'' 變態點を上昇しかつその膨脹量が大きくなる。また 200° 熱浴においても保持時間の長いものがこの傾向を示し特に X-3 が著しい。また 600° 熱浴に保持した場合は本實驗の保持時間では恒溫變態は起らないが炭化物の析出が起り⁽²⁾、オーステナイトは不安定となる。従つて保持時間を増加するほど残留オーステナイトはその量を減少するが、油焼入したものに比し焼戻され難くなる。なお 600° 熱浴に長時間保持するとその冷却途中 2 段に變態が起るのは炭化物の析出によるものと思われる。

V. 結 言

低 W 高速変鋼について恒溫處理における熱浴溫度および保持時間の二次 Ar'' 變態におよぼす影響、飽和磁氣の

(2) 門間, 樹村, 平田, 本誌, 16(1952), 6, 7號.

強さおよび熱浴中の膨脹曲線を調べた。その結果を要約すれば次の如くである。

(1) $250 \sim 300^\circ$ 熱浴に保持したものは、恒溫變態により下部ベイナイトが析出し、これによつてオーステナイトがより安定化するため、その冷却に際して Ar'' 變態を生起し難くなる。従つて残留オーステナイトが多くなり硬度を低下する。しかしてこれが焼戻においては油焼入したものに比し、二次 Ar'' 變態點を上昇しかつその膨脹量も大きくなるが、焼戻され難くこの場合の I_{∞} は他に比して低い。

(2) 600° 熱浴に保持した場合は保持時間を増すほど残留オーステナイトを減少するが、油焼入したものに比し二次 Ar'' 變態點を低下する。すなわちこの溫度に保持した場合 前述と同様に残留オーステナイトは焼戻され難くなる。なおこれらの變化について X-1 と X-3 とはほとんど同様の傾向を示した。

終りに臨み本研究遂行に當り、御懇篤なる御指導を賜つた東北大學名譽教授村上博士に深謝の意を表するとともに、實驗に協力された永島祐雄、西沼輝美兩氏に對し厚く感謝する。