

工博的場幸雄氏，顯微鏡検査を引受けて下さった理博竹内教授に深甚の謝意を捧げる。又實驗の遂行は門間工學士の援助に依るもので記して謝意を表す。研究費の一部は文部省科學研究費によつた事を附記する。

(昭和 25 年 11 月寄稿)

文 献

- 1) 三本木，大谷：鐵と鋼，36，5 號
- 2) L. C. Chang & G. Derge: A. I. M. E (1946) No. 2101
- 3) Jander u. Hoffmann: Physikalische Chemie der Silikate 565.
- 4) M. N. Dastur & J. Chipman: Equilibrium in the Reaction of H_2 with O_2 in liquid Iron.
- 5) P. Murray & J. White: Equilibrium in Systems containing iron oxide and their bearing on the problem of the Constitution of liquid open-hearth slags. The Faraday Society 1948. 287
- 6) M. Rey: The Thermodynamic Activity of Silica and of Oxide in Silicate melts. The Faraday Society 1948. 257.

焼入高速度鋼の常温に於ける Stabilization について

岡本正三* 永倉 充*

ON THE STABILIZATION AT ROOM TEMPERATURE OF QUENCHED HIGH SPEED STEELS

Masazo Okamoto and Mitsuru Nagakura

Synopsis :

It has been found that the Ar'' transformation by subzero-cooling of high speed steels has intimate relations with the holding time at room temperature of oil quenched steels, and that the above phenomenon may be dealt with in the same way as in the case of stabilization of many other steels.

The longer the holding time at room temperature after quenching is, the less the amount of the Ms' transformation on the followed subzero-cooling becomes and the lower the Ms' temperature drops.

On the subzero-cooling till $-150^{\circ}C$ of tempered steels, the secondary Ar'' point can be found at -25° in the case of 550°-30 min. tempering. By further tempering at 600°C of the above treated (quenched, tempered and subzero-cooled) steel, the ternary Ar'' transformation is found distinctly at above room temperature on cooling from the tempering temperature.

I. 緒 言

今次の大戦以來，特に米國に於て盛んに研究されてきた一般鋼の Stabilization (安定化) の問題¹⁾に關聯して高速度鋼の液體空氣による冷却が行はれ²⁾，その Sub-zero 變態の存在が確められ，Mf 點以下に於ても尙若干量のオーステナイトの殘存をみることなどが斷片的に報告されてきた。低温處理はまだ高速度鋼の熱處理に應用されるに至つていないが，かゝる處理は高速度鋼の性能を改良する問題と關連しており，この問題の詳細はまだ十分には検討されていない。よつてかゝる變態の舉動を

検討するために行つた實驗結果を次に述べて尙一二の考察を附加したい。

II. 試料及び實驗方法

試料には第 1 表の如き組成の三種類の鋼を用いた。寸法は膨脹測定試料に於ては $5\phi \times 70mm$ とし，硬度，顯微鏡測定試料として，No.1 試料の $8\phi \times 8mm$ の圓筒狀試片を選んだ。

焼入處理としては豫め $900^{\circ}C$ に豫熱された試料を，

* 東京工業大學

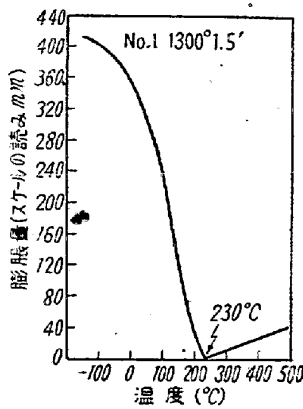
第1表 試料組成

試料 番 號	化 學 組 成 %					
	C	W	Cr	Mo	V	Co
1	0.80	22.95	4.75	—	1.25	3.21
2	0.78	19.50	4.70	—	1.56	—
3	0.80	21.50	4.80	0.2	1.80	4.0

脱酸した 1300°C の BaCl₂ 浴に 1.5 又は 2 分保持して常温の油に焼入れた。焼戻処理は硬度測定試料においては、Pb 或いは Pb-Sn 浴を用い、膨脹測定には佐藤式示差熱膨脹計を用いた、この場合、同種鋼の焼鈍材を中性體とした。又一部電気抵抗測定を行つた。

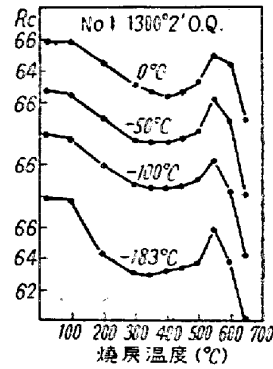
III. 實驗結果

先づ豫備實驗として No.1 試料を 1300°C に 1.5 分加熱後、直ちに 500°C の Pb 浴に焼入れ、同じく 500°C に保つた膨脹計にとりつけ空冷すると、約 230°C において一次 Ar'' 點をみるのであるが、引續いて冷却するに従い急激に膨脹する。常温附近において、冷却を中斷することなく、更に液體空氣によつて常温以下に冷却をつゞけると膨脹曲線は第1圖の如く、常温以上のそ



第1圖 No.1 試料の一次 Ar'' 變態曲線

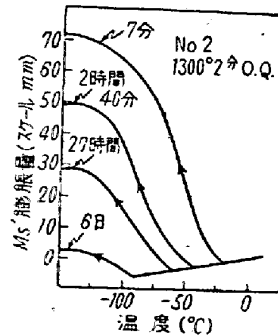
れに引續いて繼續し、-150°C 附近まで膨脹がみられる。即ち、高速度鋼の焼入れに於て、變態區間の冷却を中斷することなく繼續すると、その變態は常温以下においても引つゞいてみることが出来る。而して、その常温以下における變態量は常温以上のそれにくらべて比較的僅少である。以上の如く、常温に焼入れた高速度鋼は常温以下に於ても變態を繼續するため、冷却の最低温度を變えることによつて、一次 Ar'' 變態量を変へることが出来る。これを焼戻すれば當然その焼戻硬度曲線にも變化があらわれるべきである。即ち No.1 試料を 1300°C に 2 分加熱して油焼入れして、これを直ちに 0°, -50°,



第2圖 Subzero 處理した No.1 試料の焼戻硬度曲線

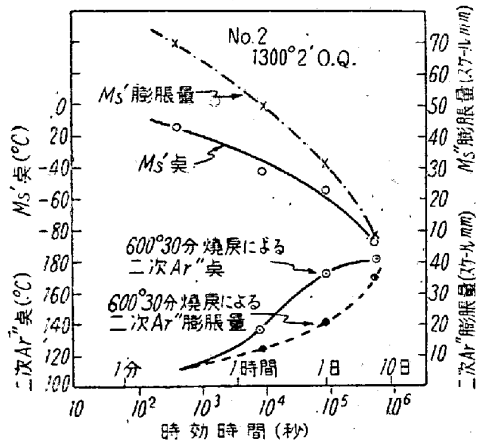
-100°, -183°C に 30 分間浸漬した試料を step up に 30 分宛繰返し焼戻處理を行つた場合の焼戻硬度曲線を第2圖に示す。この圖で判る様に、冷却の最低温度が低いほど、即ち一次マルテンサイトの量が多いものほど 350°C 附近に於ける硬度の低下、及び 550°C 以上焼戻に於ける二次硬度の低下が著しい。

常温に焼入れた試料を常温に放置する間に等温的に、變態又はこれに類する變化が行はれているかという疑問があるため、No.1 試料を焼入れして直ちに佐藤式示差熱膨脹計にとりつけ、同種鋼の焼鈍材を中性體として常温放置中の膨脹を観測したが、10⁻⁴mm の程度において膨脹變化は観測されなかつた。又焼入れ直後からヴィツカース硬度によつて常温放置中の硬度を測定したが、ヴィツカース硬度 830~860 程度において誤差範囲内の變動以外硬度の増加は認められなかつた。以上の如く、硬度と膨脹測定の上に焼入れ試料の常温放置は認むべき程の變化を與えない。次に Subzero cooling による變態と、この冷却前の常温放置との關係を検べた。即ち、No.2 試料を 1300°C に 2 分加熱し油焼入れし、種々の時間常温に放置した後、これを佐藤式示差膨脹計にとりつけ、同種鋼の焼鈍材を中性體として冷却するときの變態曲線は第3圖に示す様に、常温に放置することによつて著しく

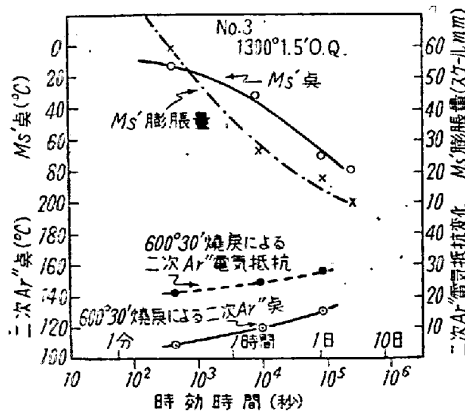


第3圖 室温における時効時間が Ms' 變態曲線に及ぼす影響

影響され、焼入後一週間内外でその変態量は極めて僅少となり、又その変態点も著しく低下する。No.3 試料についても殆ど同様である。即ち、高速度鋼においては、焼入後常温に放置すればある種の時効変化を起し、これによつて常温以下の變態は著しく抑制される。即ち、構造用特殊鋼の Stabilization と類似の現象が存在する。この様に、常温放置はその後の冷却における變態に著しく影響を及ぼすが、この様な處理を行つた試料を 600°C に 30 分焼戻を行つた場合、その二次 Ar'' 變態にも影響をもつことが期待される。この點を明かにするために焼入後常温放置の時間を變えて -150°C まで冷却した試料を同種鋼の焼鈍材を中性體として 600°C に 30 分焼戻を行つた場合、その後の冷却中に現はれる二次 Ar'' 變態量及び Ar'' 點を求めた。その結果は No.2 試料については第 4 圖、No.3 試料については第 5 圖に示す。



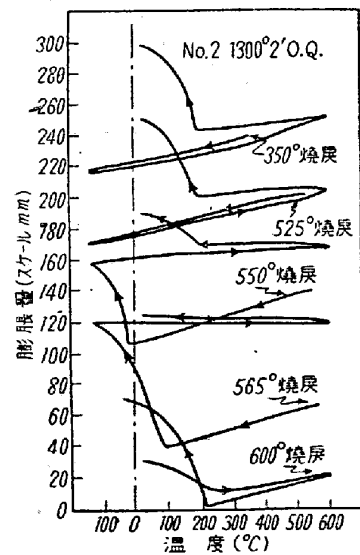
第 4 圖 No.2 試料の室温に於ける時効時間と Ms' 點, Ms' 膨脹量との關係及びそれらを 600°C 30 分焼戻した場合の二次 Ar'' 點及び膨脹量



第 5 圖 No.3 試料の室温における時効時間と Ms' 點, Ms' 膨脹量との關係及びそれらを 600°C 30 分焼戻した場合の二次 Ar'' 變態

各圖とも、上方の二曲線は焼入後の常温時効時間を横軸として、Subzero cooling によつてあらはれる Ms' 變態點とその變態量を示したものであつて第 3 圖と對應する。下方の二曲線はこの様な常温時効後 Subzero 處理した試料を 600°C に 30 分焼戻を行つた場合の二次 Ar'' 變態點とその變態量を示したものである。即ち、焼戻においては、時効時間のより長い subzero 處理試料の方が二次 Ar'' 變態量も大きく、その變態點も高い。これから焼戻條件が同じである場合に、常温時効時間のより長い subzero 處理試料の方が、焼戻後の冷却中に C について低濃度のオーステナイトが變態を起していることが推測せられ、又同時に一定の subzero 處理後は常温時効時間の長かつたもの程残留オーステナイトの量が多いことが知られる。このことは、subzero 處理後の試料を高温度まで加熱しながら膨脹變化を測る際に 750°C 附近以上の温度でみられる残留オーステナイトの分解量が、常温時効時間の長いものほど多いことから首肯されよう。尙、この様に焼入後常温時効を行つた後 subzero 處理を行つた試料の焼戻硬度には常温時効の長短による差が殆どあらはれなかつた。

次に焼入した高速度鋼を種々の温度に焼戻した後の二次 Ar'' 點を求めてみた。即ち、No.2 試料を 1300°C に 2 分加熱し油焼入した後常温時効の影響を一定とするため約 15 日放置し、これを同種鋼の焼鈍材を中性體として佐藤式示差熱膨脹計によつて 350, 525, 550, 565 及び 600°C の各温度に各々 30 分焼戻してその後常温以下まで冷却した。第 6 圖がその結果で、350, 525°C 焼戻においては -150°C 附近まで二次 Ar'' 變態は現はれ



第 6 圖 No.2 試料の焼戻における subzero 冷却曲線

ないが、550°C 焼戻においては -25°C において二次 Ar'' 点を見、その変態量はかなり大きい。又 565°C 焼戻においては 100°C に於て Ar'' 変態をみ、これは常温以下 -150°C 附近まで変態が繼續する。又 600°C 焼戻においては 200°C において変態を開始し、常温までにおいて殆ど大部分完了する。これらの試料を更に 600°C に 30 分再焼戻を行うと、600°C 焼戻のものは殆ど再変態をみないが、565°C 焼戻のものは極めて僅か変態する。550°C 焼戻は 190°C において明かな第 3 次 Ar'' 変態がみられる。又 525°, 350°C 焼戻のものは夫々 525°, 350°C の焼戻を行はずに 600°C 焼戻を行つたと同程度の變態がみられる。

以上の結果を要約考察するに、常温に焼入した高速度鋼を常温以下に冷却した場合の變態の進行様式は、常温において焼入鋼を放置する時間と密接な關係があり、これは一般鋼の Stabilization と同様の關係にあるわけである。かような subzero 變態の存在を今日まで不明のままに残していたのは、高速度鋼においては Stabilization が極めて迅速に行はれることと常温以下における變態量が僅少であることとのためと思われる。鋼の stabilization においては、Ar'' 變態による應力の存在及びその應力が時間の経過によつて遷移する過程に密接な關係をもつてゐることが推測せられるが、尙その本質的解明には至つていない。而して、高速度鋼の焼戻による二次 Ar'' 變態はその焼戻温度が高くなるにつれて一旦 stabilize したものが次第に高温度で變態することが知られる。即ち、stabilize したオーステナイトは、高速度鋼においては炭化物の析出によつて再び變態する可能性をもつて來ると考えられる。而して焼戻による炭化物の析出過程が stabilization の現象と全然別個の現象でなく、stabilization の本質的過程の延長と考えることの可否には尙之を實證すべき餘地が残されてゐると思

う。

IV. 總 括

數種の高速度鋼について、焼入後の常温時効と Sub-zero 變態及びその焼戻舉動等の關係を明らかにした。高速度鋼においても一般鋼の stabilization と同様に、常温に放置することによつて subzero 變態は影響を受け、焼入後常温で時効せず直ちに冷却すれば一次 Ar'' 變態は常温以下まで引續いて行われるが、常温放置時間が長くなるにつれて Ms' 点を著しく降下し且その變態量は小さくなる。焼入後 subzero 變態を行はせたものゝ焼戻硬度は 550°C 以上で急速に低下する。而して、かゝる焼入後の subzero 變態を行はせた試料は subzero 處理前の常温時効時間の短いものほど焼戻後の二次 Ar'' 變態量少く、變態點も低い。又焼入した試料を焼戻した後、subzero 處理を行うと、焼戻時間が 30 分程度では 550°C 焼戻においてその二次 Ar'' 點は -25°C に現われ且二次 Ar'' 變態量は比較的少い。この處理を経たものを更に 600°C に焼戻することによつてその後の冷却中に三次 Ar'' 變態が現われる。565°C 焼戻では二次 Ar'' 點は 100°C に始まり、この變態は常温以下まで繼續する。之等の事實から高速度鋼の焼入及び焼戻における subzero cooling 處理は一般鋼の stabilization と同様に考察出来る。

文 献

- 1) M. Cohen: Metal Progress 54 (1948) 6. 823~6
- 2) Cohen: P. Gordon: Iron Age No.9 42~7 No.10 52~7 No.11 68~73 No.12 61~5 No.13 55~62 (1946)
- 3) E. Kunze: Stahl u. Eisen: 70 (1950) 6. 227