

残留オーステナイトに関する二三の實驗

(日本鐵鋼協會第 18 回講演大會講演 昭和 12 年 10 月)

阿 部 三 郎*

SOME EXPERIMENTS ON THE RETAINED AUSTENITE.

Saburo Abe.

SYNOPSIS:—The author investigated the relation between the cooling velocity and the amount of the retained austenite in the *Ni:Cr:Mo* steel, and also the effect of the retained austenite on the impact value.

The results of the investigation are outlined bellow:—

The content of the retained austenite with quenching increases as the cooling velocity inaeases up to about 300°C/sec., and it decreases when the velocity exceeds this limit.

When the tempering temperature is lower than 150°C, the specimen quenched in oil so as to retain the austenite shows a higher impact value than that which contains no austenite. In the case of the tempering at 200°C, however, the former shows a lower impact value than the latter.

(I) 緒 言

Mathews,¹⁾ 本多博士及び岩瀬博士,²⁾ Dowdell 及び Harder,³⁾ Bain 及び Waring,⁴⁾ Maurer 及び Schroeter⁵⁾ 等の諸氏は自硬性の著しい特殊鋼に於ては水焼入よりも油焼入の方にオーステナイトの残留量が多いと述べて居る。

然し未だ冷却速度と残留オーステナイトとの關係に就ての詳しい研究報告が見當らないやうである。又残留オーステナイトの機械的性質に及ぼす影響に就ては未だ明かでない。

著者は *Ni·Cr·Mo* 鋼に就て、種々な温度の水及び油を用ひて冷却速度を變へた場合の残留オーステナイトを磁氣 X-線及び硬度試験等により攻究し、次で残留オーステナイトの機械的性質に及ぼす影響を確めるために二三の實驗を行った。

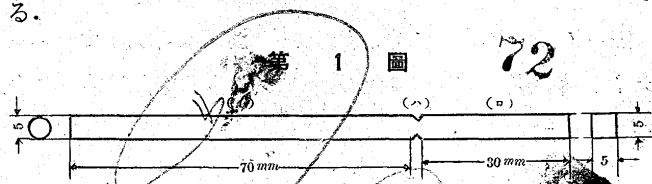
(II) 試 料

實驗に用ひた試料は *Ni·Cr·Mo* 鋼で、その化學成分は第 1 表に示す通りである。

第 1 表 (成分%)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo
0.28	0.33	0.37	0.022	0.010	2.79	0.67	0.10	0.37

X-線分析並に磁氣及び硬度試験等の各試料の寸法は第 1 圖の通りである。第 1 圖に於て(イ)は磁氣試験に、(ロ)は X-線分析に用ひ、X-線分析後硬度測定のため試料に供した。圖中(ハ)は(イ)、(ロ)を折り離すためのノッチである。



(III) 實驗の方法及び結果

残留オーステナイト量を測定するに、酸化及び脱炭が激しいと困るのでこれを除くため西山博士御考案の真空焼入装置と同様のものを用ひた。その構造は第 2 圖の通りである。

衝撃試験片は大きく本装置では焼入が出来ないので普通の方法で焼入した。焼入には各試料共焼入温度に 30 分間保持して後、各温度の冷却液中に焼入した。焼戻は凡てその温度に 1 時間保持して後油中冷却を行った。

(1) X-線分析 焼入温度夫々 800 850 900 950°C 及び 1,000°C から 25 50 及び 70°C の種油中、並に 20°C 及び 40°C の水中に焼入れたものにオーステナイトが残留して居るかどうかを顕微鏡で調べたが明かに判らない。

よつて 12cm 直径のゼーマンボーリンカメラで對陰極

* 日本製鋼所室蘭製作所

¹⁾ Mathews, Trans. Amer. Soc. Steel Treat. Vol. 8 1925, 565p.

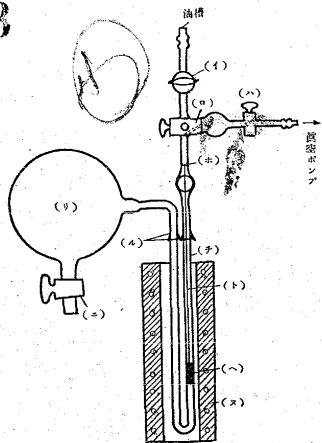
²⁾ 本多, 岩瀬 金屬の研究 第 3 卷 1926, 326p.

³⁾ Dowdell, & Harder. Trans. Amer. Soc. Steel Treat. Vol. 11 1927 217p.

⁴⁾ Bain & Waring. Trans. Amer. Soc. Steel Treat. Vol. 15 1929 69p.

⁵⁾ Maurer & Schroeter. Stahl. u. Eisen Vol. 49 1929, 929p.

第 2 圖



- (イ), (ロ), (ハ), (=) = コック,
- (ホ) = 白金線(試料懸け)
- (ハ) = 試料,
- (ト) = 試料を吊る針金,
- (チ) = 石英管,
- (リ) = 硝子球,
- (ヌ) = 電気爐,
- (ル) 擦り合せ,

に鐵を用ひて X-線分析を行た. その結果 850~20°C の水中に焼入したもの及び 1,000°C から 25°C の種油中に焼入したものを除いては凡てオーステナイトのスペクトラム線が現はれ, オーステナイトの残留して居ることが明かに判た.

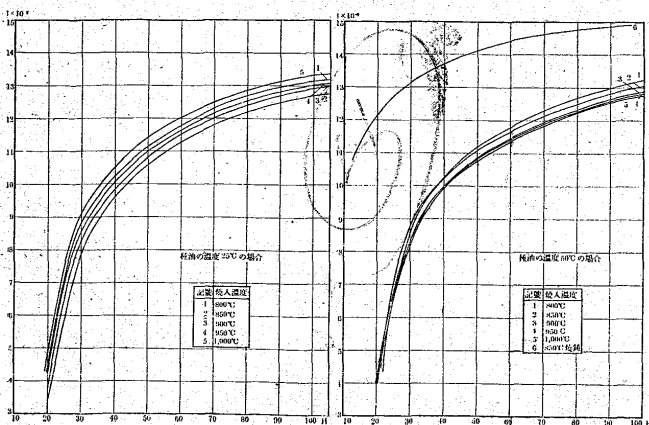
(2) 磁氣試験 X-線で試料の表面のオーステナイトを調べるのは容易であるが, 内部のオーステナイト, 換言すれば試料全體のオーステナイト量を調べるのは困難である.

然るに磁氣的方法によれば試料全體に残留するオーステナイト量の絶対値は判らないが多いか少ないかは容易に知ることが出来る.

X-線分析の試片と一緒にして焼入した磁氣試験片に就て I-H 曲線を弾動電流計法によって求めた. 此等の測定結果を第 3, 4, 5, 6 圖に示す.

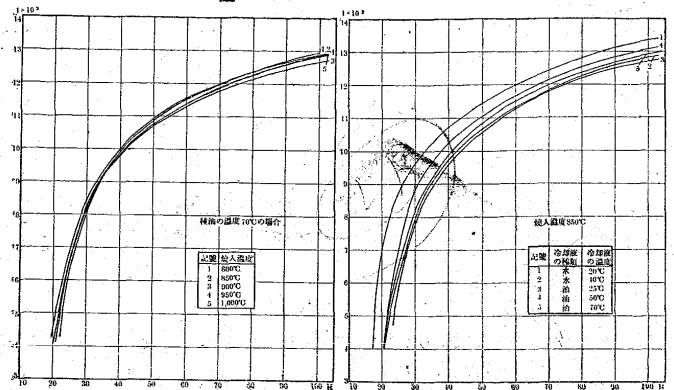
焼鈍した試料と焼入した試料との有效磁場 90 ガウスに於ける磁氣の強さの差をとり焼入による磁氣の強さの減少率を求めると, 第 2 表の様な値を得た.

第 3 圖 77 第 4 圖



第 5 圖

第 6 圖



第 2 表

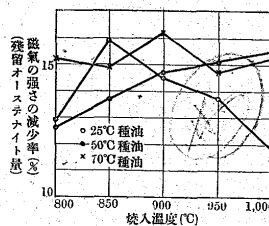
冷却液の種類	冷却液の温度°C	焼入温度°C				
		800	850	900	950	1,000
油	25	12.9	15.9	14.5	13.7	11.8
油	50	12.6	13.7	14.7	15.1	15.5
油	70	15.2	14.9	16.2	14.7	15.3
水	20	—	11.7	—	—	—
水	40	—	15.3	—	—	—

この場合オーステナイトは殆んど非磁性體であるからオーステナイト量が多ければ磁氣の強さの減少率が大きく, 少なければ小さいといふ様にオーステナイト量と磁氣の強さの減少率とは大體平行な關係にある譯である.

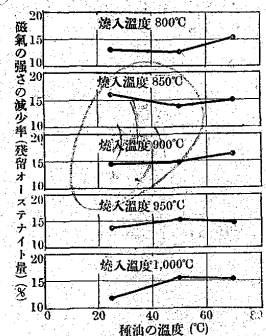
從て第 7 圖の磁氣の強さの減少率と焼入温度との關係

76

第 7 圖



75 第 8 圖



曲線から各場合のオーステナイトの残留量を推測することが出来る. 焼入温度が 800 850 900 950°C 及び 1,000°C の各場合に於ける種油の温度對磁氣の強さの減少率(オーステナイト量)の關係曲線を第 8 圖に示す.

(3) 冷却速度の測定 冷却速度と残留オーステナイト量との關係を調べるため, X 線及び磁氣試験片と同じ焼入温度及び同じ温度の冷却液中に焼入した場合の冷却速度を佐藤式焼入試験器で測定した. この場合の試料の大きさは磁氣試験片と同じで 5mm 直径, 70mm の長さのものである.

冷却速度測定に際しては冷却液を盛んに攪拌し真空焼入の場合となるべく同様な状態にする様努め、その測定値を茲では採ることとした。

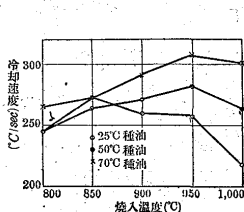
同じ焼入温度から温度の異なる冷却液中に焼入する場合に、残留オーステナイト量にかなりの相違が見られる。この場合に冷却液の温度の冷却速度に及ぼす影響を見るに 600°C 以下の温度では餘り相違がないが 600°C 以上ではかなりの相違が認められる。

以上の事實からして 600°C 以上の温度に於ける冷却速度の相違が残留オーステナイト量に關係するものと考へられるので 800°C から 600°C までの平均冷却速度を採ることとした。各場合の測定結果を第 3 表第 9 圖に示す。

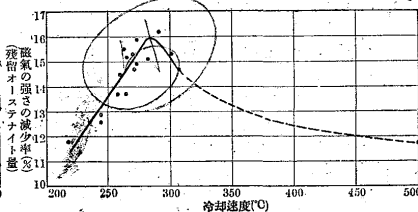
第 3 表

冷却液の種類	冷却液の温度°C	冷却速度 °C/sec				
		800	850	900	950	1,000
油	25	244	273	260	258	218
油	50	244	264	271	282	263
油	70	265	273	291	307	301
水	20	—	500	—	—	—
水	40	—	260	—	—	—

第 9 圖



第 10 圖



(IV) 冷却速度と残留オーステナイトとの關係

以上に述べた實驗の結果から、冷却速度と残留オーステナイト量との間には第 10 圖に示す様な關係があることが判る。第 10 圖を見るに、普通考へられて居る様に冷却速度が大きい時程オーステナイトの残留量が多い。然し冷却速度が大體 300°C/sec 以上になると却てその残留量は減少の傾向を示して居る。

この理由は Mathews,¹⁾ 本多博士及び岩瀬博士,²⁾ Dowdell 及び Harder,³⁾ Bain 及び Waring⁴⁾ の諸氏が述べらるゝ様に冷却速度が餘り大であるため、熱歪が大きく、これがオーステナイトよりマルテンサイトへの變態を促進する結果によるものであらう。

田丸博士及び關戸博士⁵⁾ 並に三上理學士⁷⁾ の諸氏は炭素鋼に就て焼入温度と残留オーステナイト量との關係を研究

せられ、油焼入の場合に、大體 900°C 位までは焼入温度の上昇に伴てオーステナイトの残留量が増すが、焼入温度がこれ以上になると却てその残留量が減少の傾向を示すと報告されて居る。この原因に就ては焼入温度の高いもの程高温から急冷されるので熱歪が大きくこの熱歪のためにオーステナイトの残留量が減少するのであらうと述べて居られる。

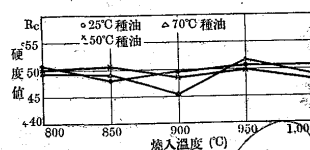
然し 25°C 及び 70°C の種油中に各温度から焼入する時の冷却速度を測定した結果によると、前者の場合は 850°C 位までは焼入温度の上昇に伴て冷却速度は増すが、これ以上の温度になると却て減少するに至る。これがために、オーステナイトの残留量が焼入温度の上昇に伴て減少するものと著者は考へる。後者の場合は焼入温度の上昇に伴て冷却速度が次第に大になるため、田丸博士及び關戸博士並に三上理學士の諸氏の述べられる様な原因によってオーステナイトの残留量が減少するのである。

(V) 残留オーステナイトの機械的性質に及ぼす影響

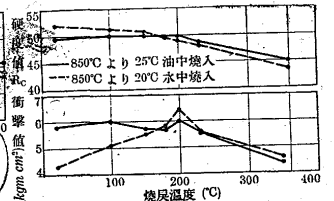
真空焼入法で焼入した X-線試料の硬度をロツクウエル C スケールで測定した。硬度は 10 ケ所に就て測定し、その平均値を採た。

硬度對焼入温度の關係曲線を第 11 圖に示す。

第 11 圖



第 12 圖



硬度の大小から残留オーステナイト量を推定するに、前述の磁氣的方法による實驗結果と大體一致する。

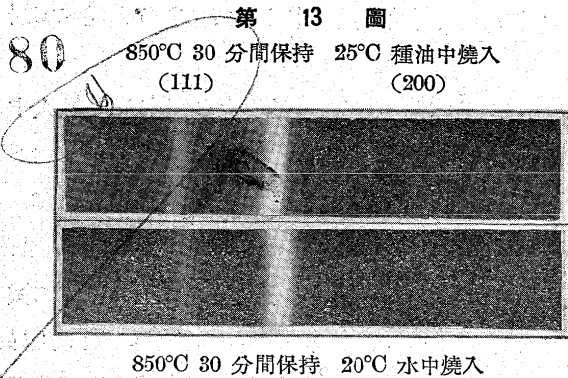
次にシャルピー衝撃試験片を 850~25°C の種油及び 20°C の水中に焼入して、焼入儘並に 100 150 180 200 230°C 及び 350°C の各温度で焼戻したものに就て衝撃試験及び硬度測定等を行た。

硬度測定に際してはグラインダーで水を注ぎながら靜かに約 0.5mm 丈とり除き、次にこれを仕上げ 10 ケ所の測定値の平均値を採た。第 12 圖にこれらの成績を示す。

焼戻温度 150°C 以下の場合には 25°C の種油中に焼入し

5) 田丸, 關戸 金屬の研究 第 8 卷 1931 595 頁
7) 三上 金屬の研究 第 11 卷 1934 235 頁

たものは、20°C の水中に焼入したものより硬度値は低い
が衝撃値は大である。これ等の試験片に就て X-線分析を
行つた結果は第 13 圖に示す通りで、25°C の種油中に焼入
したものにはオーステナイトのスペクトラム線が現はれる
が、20°C の水中に焼入したものには認められない。



以上の事實からして、150°C 以下の焼戻の場合はオース
テナイトを残留する様に焼入すると衝撃値が大であること
が判る。

オーステナイトを残留する様に油焼入したものは、200
°C までの各温度で焼戻すも衝撃値及び硬度値に殆んど變
化が認められないが、水焼入のものは焼戻温度 200°C ま
ではその上昇に伴て次第に衝撃値が増し、一方硬度値は次
第に減少の傾向を示す。200°C 焼戻の場合は水焼入の
ものは油焼入のものより衝撃値が大である。これは残留オ
ーステナイトの影響よりもマルテンサイトから析出する超顯
微鏡的な炭化物の影響の方が著しいためであらう。

200°C より高い温度の焼戻では油焼入、水焼入の如何
を問はず硬度値及び衝撃値は共に減少する。これはマルテ
ンサイトから析出した超顯微鏡的な炭化物粒の凝集成長に
よるものと考へる。

(VI) 總 括

以上の實驗を總括すれば大體次の通りである。

- (1) *Ni·Cr·Mo* 鋼に就て 冷却速度と 残留オーステナ
イト量との關係を調べた。
- (2) 冷却速度の大なる時程オーステナイトの 残留量が
多いが、然し冷却速度が大體 300°C/sec 以上の場合は
大なる時程その残留量が減少する。
- (3) 焼入加熱温度は勿論残留オーステナイト量に 影響
を及ぼすが、冷却速度の影響の方が遙かに著しい。
- (4) 150°C 以下の温度で焼戻す時はオーステナイトを
多く残留する様に油焼入したものは然らざる水焼入の
ものより硬度は一般に稍低いが衝撃値は大である。
然し 200°C 焼戻の場合は始めからオーステナイトを
残留せしめない様に水焼入した方が、油焼入のものよ
り衝撃値が大である。

終りに臨み本研究の遂行に當り絶えず御懇篤なる御指導
御鞭達を賜た改良部長黒川慶次郎氏並に萩原巖氏に謹み
て感謝の意を表すると共に、實驗を援助された土江太郎、
生田目順三の兩君其他實驗室諸氏に厚く謝意を表す。

北支鐵礦調査員特派

北支の鐵礦開發及び製鐵事業の經營に關しては現地、内地その他で開發方針に見解の岐れてゐるところもあ
りしかもこの具體策については速かにこれを確立すべしとの要望が次第に強くなつて來たので商工省では近
く物資調整局第一課長足立泰雄氏及び民間側の日鐵取締役山縣愷介氏、日本鋼管常務松下長久氏を現地に派
遣しこの三氏によつて最後案決定の鍵をつかましまつた、しかして日鐵では既報の通り石景山製
鐵所を中心に興中公司及び内地の各製鉄會社で 1,000 萬圓程度の製鐵會社を作るがこれは結局石景山中心の
ものに過ぎず北支に一大熔鑪を建設しその規模を如何にすべきか等の諸問題は此の石景山を離れて計畫す
べきものでこの三氏の視察はこの間に重大な役割を持ち、傳へられる鉄年産 55 萬噸トン案などもこゝに
新たな觀點から検討を加へられるわけである。(中外商業)