

(51) Jominy 焼入性硬度曲線に生ずる不連続性に就いて

住友金屬工業 K. K. 製鋼所技術部研究課

工 河 井 泰 治

Jominy 焼入性試験は低合金鋼や炭素鋼の焼入硬化能を測定する手段として簡便で再現性も工業的な目的に對して充分高く實際の熱処理や材料の選擇に當り應用が合理的になされるので、A.S.T.M. 及 S.A.E. 等で標準化され英獨等でも種々の検討が加えられて來た。我が國に於ても最近漸く重視されるに至りこの方法の標準化に對し先づ各所に於ける再現性の問題から準備的な試験研究が行われている。この様に本試験が實用期に入りつつある現在、日常作業的に試験を行い結果を活用する爲には多くの基礎的な認識を要するものであり既に米英各國に於て検討されて來た結果を追究し、未だ明確になつていない點に就て研究を要するものと思われる。

本報は多くのそれらの問題の中の一つとして低合金鋼や一部の炭素鋼の Jominy 焼入性曲線に生ずる異常彎曲即ち不連続性に就いて筆者の従來行つて來た實驗結果と多くの文献に示された結果を総合的に検討してその原因を調査したものである。

I. Jominy 曲線の不連続性に對する諸觀察

主として中及高炭素の低合金鋼に就いて觀察した結果を列記すれば次の如くである。

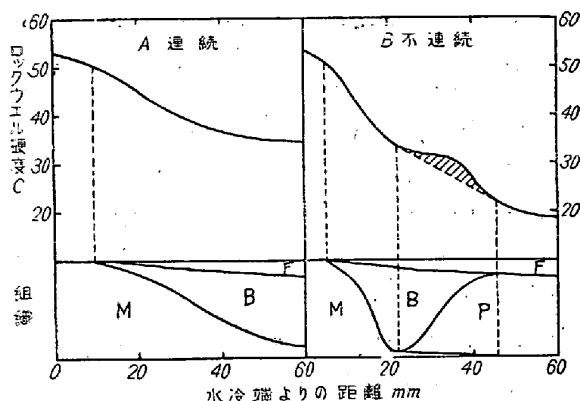
1. 焼入性の大きな鋼即ち硬度曲線が平坦に近いものでは一般に不連続性を呈しない。

2. 焼入性が餘り大でなく空冷端に近づくに従つて硬度が大きく低下する場合、Cr, Mo, V 等の特殊炭化物生成元素を含有する際に屢々不連続箇所を生ずる。Ni を主要成分とする低合金鋼ではこの現象は餘り認められない。高炭素鋼は僅かにこの傾向を示す場合が多い。

3. 低合金強靱鋼に於て硬度曲線と顯微鏡組織を對照すれば一例を第 1 圖に示す如く試験片の全長に亘り中間段階變態によるベイナイト組織を生ずるがパーライト變態を生じないものは鋼種の如何を問わず曲線は連続的となるが、中間段階變態のみならず、途中よりパーライト變態を生じ空冷端ではパーライト變態が完了する場合はこの不連続性は兩變態の重複して生ずる部分即ち組織的にパーライトとベイナイトとが共存する範圍に生ずる。

4. Mn~Cr, Mn~Cr~Mo 強靱鋼に於て Jominy 試験片を端焼入途中の種々の時間より完全水冷した場合の硬度曲線は第 2 圖の如く變化し最終曲線の不連続性に對

鋼種	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	焼入溫度	粒度
A Ni~Cr	0.34	0.40	0.47	3.37	0.59	tr	810°C	8.5
B Mn~Cr~Mo	0.37	0.32	0.85	0.16	0.77	0.30	860°C	8.5

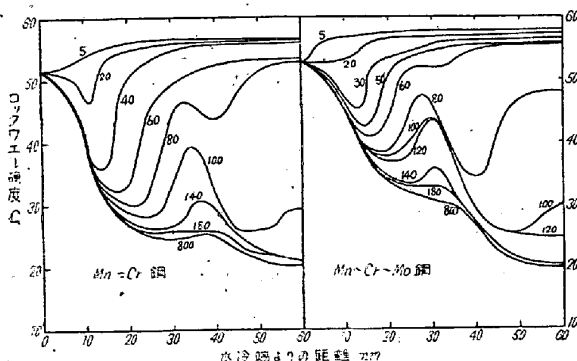


第 1 圖 Jominy 硬度曲線と組織分布

M: マルテンサイト, B: ベイナイト, P: パーライト, F: フェライト

應した極大點を生ずる。この各試験片の組織を觀察すればこの極大點より水冷端側は中間段階變態によりベイナイト變態を、空冷端はより高温で既にパーライト變態を生じ夫々の硬度低下に相應した變態進行狀況を示す。即ちこの極大點が最も多量のマルテンサイトを有し、オーステナイトが時間的に最も遅く迄残ることが知られる。

鋼種	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	焼入溫度	粒度
Mn~Cr	0.38	0.20	0.62	tr	0.87	tr	850°C	6.1
Mn~Cr~Mo	0.37	0.32	0.85	0.16	0.77	0.30	860°C	8.5



第 2 圖 Jominy 試験片の經時焼入による硬度曲線の變化

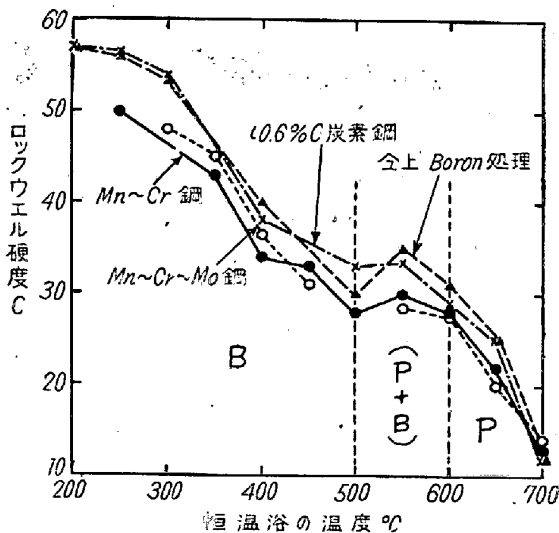
(數字は一端焼入開始より完全水冷迄の時間 sec)

5. 前項の結果及 Jominy 試験片の各位置の冷却曲線の測定を行い、求めた連続冷却變態曲線及焼入状態圖に關しては既に本學會誌 37(昭 26)4, 216 に報告したが、パーライト變態が高温で開始されてもその後の冷却により進行が阻止され殘餘のオーステナイトが更により低温で中間段階變態を生ずる様な區域に硬度曲線の不連続を生じ、その際水冷端よりの距離の増加と共に初析フェライト變態量が増加しオーステナイトの炭素濃度が富化さ

れる爲に中間段階變態が却つて低温側に抑制されることが不連続性の一原因と目される。

II. 等温變態完了硬度の不連続性

鋼を種々の温度で等温變態を完了せしめた際の硬度は一般に變態温度の低下と共に高くなるが、この関係を圖示すると屢々硬度の不連続的變化が生ずることが知られている。例えば高炭素鋼 (Boron 處理の影響を調べたもの) 及前記の Mn~Cr, Mn~Cr~Mo 鋼に於ける等温變態完了後の硬度は變態温度により第3圖の如く變化し、等温變態曲線の形狀が全く異つて居るにかゝらず明らかに 500~550°C で不連続的な變化をなし、この部分では温度の低下と共に硬度が低下する場合があることを示している。文献で知られる多くの等温變態曲線に就てもこの點に注意して觀察すると次の如く云える。



第3圖 等温變態完了硬度に及ぼす變態温度の影響

1. 等温變態硬度の不連続性は炭素鋼でも現われ炭素量の増加と共に大となる。低合金鋼では Cr, V 等の炭化物生成元素はこの傾向を助長し Ni はこの傾向を減少させる。但し肌焼鋼の如き低炭素のものでは殆んど認められない。

2. パーライト域及中間段階域では變態温度の低下と共に夫々連続的に硬度が上昇するが兩變態域の間では硬度上昇に遲滞を生じ逆に低下する場合も生ずる。この温度は通常 600~500°C の間であり兩變態が重複する位置に相當する。

3. この温度域は等温變態曲線の形狀と關係し兩變態の鼻及變態完了曲線の轉入の位置と密接に關係がある。但し炭素鋼の如き單純な C 曲線を呈する場合にも不連続性を生ずることは注意を要する。

III. 結果の考察

一端焼入の場合は等温變態の際と異り冷却過程の種々の温度範囲で種々の變態が生ずる爲に不連続性の形態はより複雑となつて居るのであるが、いずれの場合もパーライト及中間段階の兩變態が重複して生ずる箇所に硬度の不連続を生ずることが特徴である。従つて本質的にはこの兩變態機構の相違に起因し、又この兩變態に及ぼす合金元素の機能が密接な關係を有するものと考えられる。本報ではパーライト及中間段階變態の相違に就き現象的に觀察し不連続性に對する考察を述べる。

(52) 含 Boron 強靱鋼に関する研究(III)

質量効果に及ぼす微量 Boron 添加の影響

住友金屬工業 K・K・製鋼所

技術部研究課 工 河 井 泰 治

○井 上 陸 雄

小 川 楠 雄

各種強靱鋼に對する微量 Boron 添加の影響に關しては既報の通りであるが、その際主として Jominy 焼入性曲線により硬化能を検討したが實體に於ける質量効果、即ち品物の寸法、冷却速度の變化に伴う機械的性質の變化についてはあまり明確となつていない。随つて本報に於ては中炭素鋼の各種寸法のものをも水及油焼入した際の硬化深度及焼入後の機械的性質に及ぼす Boron の影響と、2, 3 の低合金鋼に於て扁平型一端焼入試験を用い冷却速度の焼入後の硬度、靱性に及ぼす影響を、Boron 處理したものとししないものに就て比較した結果を報告する

I. 中炭素鋼の質量効果に及ぼす

微量 Boron 添加の影響

供試材として 15t 鹽基性電氣爐に依り 0.4% 炭素鋼を熔製し、無 B 鋼及び含 B 鋼の 100kg 及び 1t 800 鋼塊を夫々鑄込み、鍛造後各種の試験に供した。

供試材の化學成分は下記の通りである。

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	B %
試料 1	0.42	0.31	0.86	0.022	0.023	0.20	0.09	—
試料 2	0.42	0.31	0.86	0.022	0.023	0.20	0.09	0.003

註 試料 2 は取鑄中に Al 0.1%, Ti 0.1% 及び B 0.003% (11% B 合金) 添加。

A: Jominy 焼入性

100kg 鋼塊を鍛造後標準 Jominy 焼入性試験片を製作し焼入性を調べた結果 Boron 添加に依る焼入性の改良