

iv) α_1 および α_2

Si 含有量の増加にともない α_1 はおおよそ、

$$\alpha_1 = 0.60 + 0.12 \text{ Si } (\%) \dots \dots \dots (1)$$

なる直線的な変化をする。 α_2 は 1.3% Si 以下では変化なくそれ以上で増大する。 Cu 含有量の増加にともなつては、 α_1 は 0.5% Cu 付近でやや急に減少するがゆるやかに元へ復する。 Mo の添加では α_1 は

$$\alpha_1 = 0.63 + 0.095 \text{ Mo } (\%) \dots \dots \dots (2)$$

なる直線の変化をする。 α_2 に対しては 0.3% Mo 付近で増大をおこす。

以上の諸結果を Fig. 2 に示す。

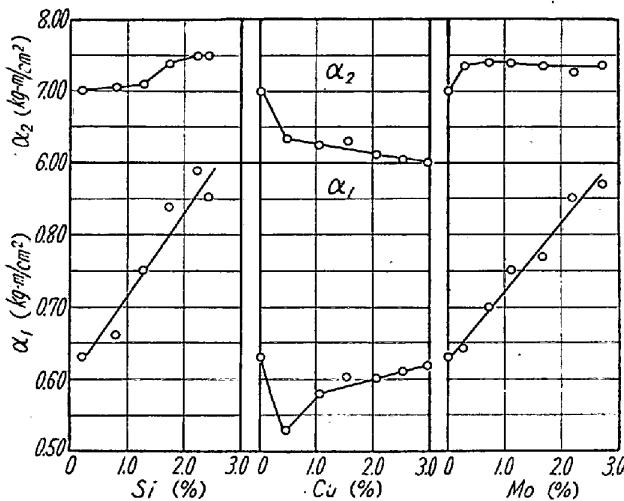


Fig. 2. Effect of silicon, copper and molybdenum contents on the critical impact values by which their rigidity hold.

α_1 : as heat-treated α_2 : as work-hardened.

v) 加工 硬化

加工法 (イ) および (ハ) の断面について軸上の硬度分布を測定した。 Fig. 3 は最高硬度と諸元素の含有量との関係を示す。これから知られるように Si は冷間加工による最高の硬度に変化を与えない。 Cu は少量の添加でもこれを低下する。 Mo の添加も多少は最高硬度を低下せしめると判断される。

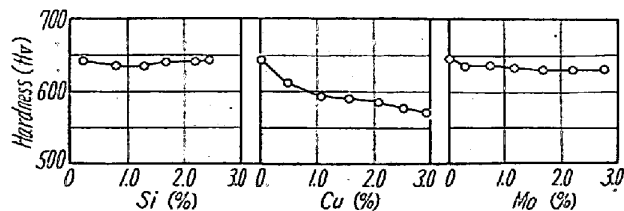


Fig. 3. Effect of silicon, copper and molybdenum contents on the maximum hardness resulted from repeated blows.

i) Si は熱処理硬度、変形抵抗を増す。これにともない塑性変形は多少おこりがたくなるが加工にともなう硬化には益する所がない。なおまた Si はいちじるしいフェライト化剤であるから熱処理性が問題になるような厚肉鋳物に対しては熱処理性検討の必要があろう。薄肉鋳物に対しては問題はなくむしろ有効と考えられる。

ii) Cu は硬度、変形抵抗、冷間加工硬度を減ずるので概して有害であろう。

iii) Mo の作用は Si にやや似て効果がややゆるやかである。

(117) オーステナイト高 Mn 鋼の再加熱による炭化物析出ならびに微量 V, Ti, Zr 添加の影響。

東北大学, 金属材料研究所

工博 今井勇之進・○斎藤利生・中沢 巖

On the Carbide Precipitation by Reheating in Solution-Treated Austenitic Manganese Steel and Effect of a Little Amount of V, Ti, and Zr Addition.

Yunoshin Imai, Toshio Saito, Iwao Nakazawa.

I. 結 言

Hadfield Mn 鋼はそのすぐれた耐磨耗性、非磁性などの特有の性質のため極めて広範囲に利用されているが、溶体化処理後の再加熱によりオーステナイト結晶粒界に炭化物を析出するため強度および靱性を極めていちじるしく低下することは周知のところである。従つて以後再び溶体化処理を行い得る場合を除いて製造過程において約 260°C 以上に加熱することは厳禁されており、また高温での使用は勿論、温度の上昇する部位に使われる部品への応用も阻まれている。

このオーステナイト高 Mn 鋼の再加熱による炭化物析出については従来多くの報告が行われているが、必ずしも一致した結論に達していない。あるいはこの鋼材の脱炭し易いこと、表面研磨により加工硬化し易いことなどの特性によるものかと考えられるが、初期の報告には 2, 3 の疑問とする点も散見される。本研究はこの高 Mn 鋼の再加熱による炭化物の析出ならびに溶け込などの様相について明らかにして高 Mn 鋼の利用に資すると同時に、炭化物析出におよぼす微量 V, Ti, および Zr 添加の効果について実験した結果を報告する。

III. 総 括

II. 実験方法

供試材は Table 1 に示したごとくで高周波炉により各 20 kg 鋼塊を溶製，熱間鍛伸してそれぞれの試験片を作った。

Table 1. Chemical composition of tested austenitic steels.

| Charge | C | Si | Mn | P | S | Other added element |
|----------|------|------|-------|-------|-------|---------------------|
| Standard | 1.20 | 0.24 | 13.71 | 0.038 | 0.010 | — |
| V added | 1.26 | 0.21 | 13.58 | 0.033 | 0.008 | V 0.22 |
| Ti added | 1.32 | 0.47 | 13.81 | 0.050 | 0.012 | Ti 0.18 |
| Zr added | 1.21 | 0.57 | 13.84 | 0.045 | 0.011 | Zr 0.06 |

試料の溶体化処理は 1050°C に 1/2 h 加熱後水冷し，機械試験片は以後 250~950°C の各温度に 1 h 加熱水冷した。炭化物析出の様相は主として光学顕微鏡により，その他硬度，示差膨脹計，高温顕微鏡などを副手段として利用した。検鏡用試片は 10 mm φ × 3 mm 厚とし，溶体化後 300~900°C の各温度で各時間恒温保持した後水冷した。試料の加熱はすべて真空中で行ったが，恒温加熱のうち時間の短いものは鉛浴を使用した。

高 Mn 鋼は加工硬化性が極めて大きく，検鏡試料の研磨によつても表面に加工されに薄層を生じて，etching により strain marking を現わすことが知られている。strain marking の現出は炭化物の粒内析出を見えにくくすると同時に，高 Mn 鋼の検鏡試料の etching は難しく dirty な検鏡面を得易いこと，ならびに etching により tough は surface skin を生ずる傾向にあるなどの理由でこの実験ではすべて電解研磨を採用した。

電解液は過塩素酸と無水醋酸の混液を用い，Al 板を陰極として電圧 75 V，電流 40~50 mA で 1 分間電解してきわめて好結果が得られに，試料はネル仕上の前までエメリーで研磨して電解を施すと，析出物のない溶体化状態では研磨面が得られるが析出物の存在している状態では地のオーステナイトは研磨されるが析出物は残るため容易に顕微鏡で確認することが出来る。また表面の加工層は研磨されるため strain marking は現われず，普通の試料作製の手間と比べるとネル仕上と etching を同時に短時間で完成するため極めて好都合である。

III. 標準高 Mn 鋼の炭化物析出

先ず Hadfield 鋼として知られている標準高 Mn 鋼の炭化物析出について行つた実験結果は以下のごとくである。

(1) 析出におよぼす再加熱温度および時間の影響

著者らの測定した C 曲線は Fig. 1 に示した。すなわち炭化物の析出は約 300~900°C の広い範囲にわたつて

認められ，650~700°C の範囲で最も析出が早い。また炭化物析出曲線に引続いて pearlitic constituent (あるいは nodular pearlite) の粒界析出が起り，約 625°C を頂点として上下に広がっており，いずれも保持時間の増加に従つて析出温度区間は漸次増大する。

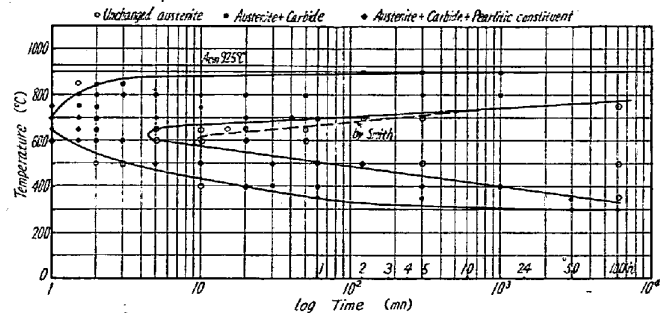


Fig. 1. Isothermal precipitation diagram for standard austenitic manganese steel solution treated from 1050°C and reheated.

(2) 析出物の形態

炭化物析出の初期の形態がオーステナイト粒界における carbide film の形成であることは全温度域について一致した様相を示している。400°C 以下の低温域では長時間の加熱によつても carbide film の成長は僅かに過ぎず同時に粒界から結晶の劈開面に沿う針状析出が初まり漸次その数を増すとともに粒内にも現出する。これに反して 500°C 以上では film の形成は極めて早く，実に 650°C 以上では引続いて carbide film の粒状化が起り，800°C 付近では連点状の粒界から引続いて粒状 carbide の成長と凝集とが認められる。

α 粒内析出は粒界からの劈開面に沿う針状析出あるいは粒内の短い針状析出などが見られるが，低温域を除いて粒界析出が相当進行した後に始まるように見受けられる。Pearlitic constituent (以下 P. C. と呼ぶ) の析出は Fig. 1 の析出線付近で核を生じ，初期は結晶のいずれか 1 側に成長してゆくが成長が進むと他方の粒内にも広がりあるいは他の P. C. と合一して次第に nodular な形態をとる。また粒内にも P. C. の核を生じて成長するものが多い。P. C. 析出線の nose 付近で長時間保持すると matrix の γ 部位に martensite が現われてくる。P. C. の成分は $(Fe, Mn)_3C$ とされているが，多量の P. C. の析出により γ の C, Mn 濃度が減少する結果と思われる。

(3) 析出におよぼす加熱速度の影響

Fig. 1 の各析出線は加熱速度により移動することが予想されたので，溶体化後の試料を示差膨脹計で等速

加熱して曲線の変化点を測定し、以後高温顕微鏡により各変化点の意味を組織変化から確めた。この結果から C. C. T. 曲線と同じ考えで連続加熱析出曲線とも名付けるべき時間と析出温度との関係を plot したものが Fig. 2 である。膨脹曲線で炭化物析出は明瞭な折点、P. C. 析出は速度の遅い場合大きな収縮として現われるが、P.C. 析出のやゝ前に折点が一カ所あり高温顕微鏡で調べた結果ここでは粒内析出と判定した。高温顕微鏡の視野でその温度になると粒界と無関係に濃淡の模様が見われ、その模様は樹枝状晶によく似ているが、P. C. 析出の前に必ず現われるところから粒内析出と考えてよいであろう。Fig. 2 の結果から加熱速度の早いほど各析出温度は高くなり、速度が遅くなるとほぼ一定温度となることがわかる。

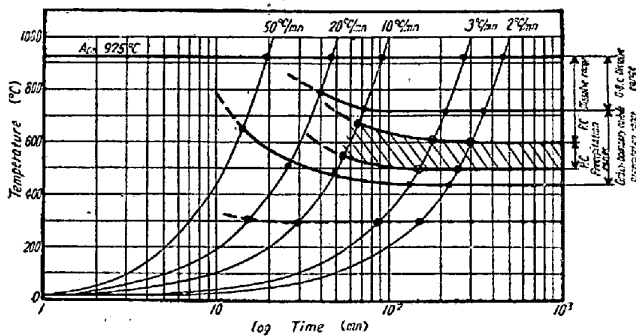


Fig. 2. Continuous heating precipitation diagram for standard austenitic manganese steel solution treated from 1050°C and reheated.

(4) 機械的性質におよぼす影響

溶体化処理後 1h 加熱した状態の機械的性質を Fig. 1 の析出状態と比較した。抗張力は粒界析出物により減少するが P. C. 析出範囲で最低とはならず、Carbide film の成長している 750°C 付近で最低となるが、伸び、絞り、衝撃値は P. C. 析出範囲で最低値をとる。

IV. 析出におよぼす微量 V, Ti, Zr 添加の影響

(1) 温度および時間の影響

Fig. 1 と同じ要領で析出曲線を測定した結果は Fig. 3 のごとくである。特に Ti は炭化物、P. C. とともに析出を早めるが、Zr は炭化物の C 曲線の下側を高温側に高める効果が認められる。

(2) 機械的性質におよぼす影響

いずれも標準 Mn 鋼と同じ傾向を示すがとくに Zr 添加が 450°C の加熱でもなお強度、靱性を低下せず、Fig. 3 で見られる炭化物析出線移動の効果を伺うことが出来る。

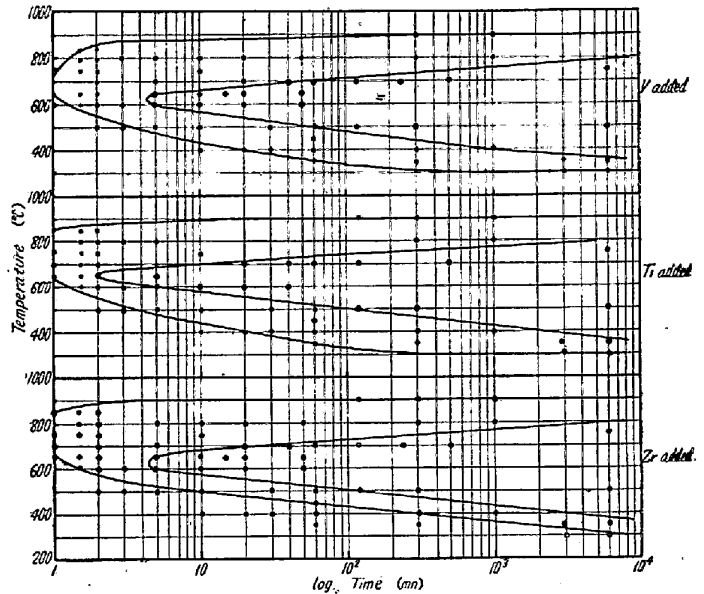


Fig. 3. Effect of a little amount of V, Ti and Zr addition on isothermal precipitation diagrams, each steel solution treated from 1050°C and reheated.

(118) 高マンガン鋼の熱処理特性におよぼす Cr の影響

(高マンガン鋼に関する研究—II)

神戸製鋼所

工 鈴木 章・工〇高田 寿・楠岡宣太郎
Effect of Cr on the Heat-Treatment Characteristics of High-Manganese Steel.

(Study on high manganese steel—I)

Akira Suzuki, Hisashi Takada.

Nobutaro Kusuoka.

I. 緒 言

前報¹⁾で高マンガン鋼規格成分中、規格範囲の広い C, Mn の上限、下限を組合せた 4 種の試験材を溶製して、C, Mn の熱処理、組織、衝撃値におよぼす影響を検討し、靱性に富む完全オーステナイト組織あるいは(オーステナイト+粒界炭化物)組織を得るには、規格範囲内で C は低目、Mn は高目の方が、とくに肉厚物の場合、熱処理上取扱いやすいことを明らかにしたが、今回は、当所でジョークラッシャー用ジョープレートなどに使用している Cr 含有の高マンガン鋼について、C は低目、Mn は高目を目標にして試験材を溶製し、Cr の熱処理特性におよぼす影響を調査した。