等の障害の所まで進み得る。かくて巨視的な相當廣範圍に亘る新相が極めて短い時間で出現し、その形が板狀で斷面は細長い木の葉型即ち針狀となることが諒解される。

上の如き機構によれば、一つの發生原因に對して、極めて短時間に極めて多數の原子を含む巨視的な廣範圍の變化が行はれることになる。故に發生の確率が小なるときにも既に變態量は相當量に達する。また發生確率についても最初格子の缺陷によつて活性化エネルギーの低下(Q')してゐる原子を活性化しさえすればよいのであるから、發生確率は $e^{-\frac{Q'}{RT}}$ によることになり一般の原子を Q より大なる Q' で活性化するときの確率 $e^{-\frac{Q'}{RT}}$ よりも大である。故に Umklappung の變化は一層速いことになる。これに反して、成長變態の場合には、成長の過程において絶えず活性化を必要とするから、發生確率が大きになつて始めて變態量が相當量に達する。この Umklappvorgang と Wachstumsvorgang との機構より來る特性の差異については特に強調したい所である。

IV. マルテン葉の 1 群の叢生の機構

Umklappen によつてマルテン葉が出現すれば、急激な變形及び體積増加の爲、實際 Fister 及び Scheil が測定した如く、周囲の γ に急激な機械的衝撃を與へ、これは弾性波發生の原因となる。然るときは周囲の γ の各原子は、この衝撃のエネルギーを受ける。これ等の中で格子欠陥の爲活性化エネルギーが低下して將に Umklappen の start を切ろうとしている原子は、この衝撃のエネルギーの添加により活性化され容易に新位置に移動するであろう。然るときは、こゝに新二前節と同様の過程を辿りマルテン葉が生ずる。かくして一つのマルテン葉の生起は相次いで新マルテン葉の生起をうながすことになる。

かくの如く、一つのマルテン葉生成による衝撃が急速に傳播され、多數のマルテン葉を生起とせしめ變態であるが、この衝撃のエネルギーは立体的に傳播される爲、急速に減少する。殊に結晶境界においては減衰著しく、傳播も亦困難であろう。従つて、マルテン葉群の生起は舊の γ の結晶

粒程度の範圍で終熄するであろう。かくて 1 群の叢生の終了時間が 10^{-4} sec 程度となる實驗的結果が了解される。

V. マルテン葉群間の關係

前節の如く、マルテン葉群は極めて短時間内に、連鎖的に生じたマルテン葉の集合であるが、その個々の群は各獨立に生ずるもので、一つの群の生起が他の生起を促すことはないと考える。これは各群の時間的間隔に規則性がない⁽¹³⁾ ことから窺つける。

VI. 總 括

鋼の Martensite (α') 生成 ($\gamma \rightarrow \alpha'$) に關する多くの實驗事實は、この變態が不連続的衝撃的變化よりなり、その 1 衝撃は極めて短時間に行われることを示す。故にこの變態は原子の擴散を必要としない機構によるものでなければならぬ。また變態の前後における γ と α' の結晶學的方向關係が機械的雙晶にりに類せる機構によつて生じたものとなし得る實驗的事實がある。これらのことを考慮し、この變態は所謂 Umklappen によるものであるとの説に賛成する。

而してその機構を次の如きものとすると實驗的事實がよく説明される。

(i) Umklappung では、格子欠陥のために活性化エネルギーが少なくてすむ或る原子が活性化されて新相 (α') の位置に移動すると弾性振動の如く大なる速さを以つて順次に傳わり、結局においては或る原子團が機械的雙晶にりに類する操作をしたことになり、Martensite の 1 針狀晶を形成する。その傳播の速さを弾性振動傳播速度の程度 (5000~5m/sec) とすれば、1 Martensite 晶を形成する所要時間は $10^{-8} \sim 10^{-5}$ sec 程度となる。

(ii) 上記 Martensite 晶の發生に伴う弾性波のために連鎖的にその周圍に Martensite 晶の 1 群を生ずる。

(iii) 上記 Martensite 晶群は各所 濫發的に生ずる。

終りに臨み、磁氣測定における Brown 管の inertia の影響に關する著々等の見解その他につき懇切に御検討下さつた東北大學教授廣根博士に深謝の意を表する次第である。

滲炭に關する實驗的研究* (第 1 報)

岡 本 正 三** 石 井 英 次**

Masazō Okamoto and Eiji Ishii:
(report).

Experimental research on carburizing. (1st report.) Electrolytic iron and ingot iron of various states as well as steels prepared with the electrolytic iron and pure ferro-carbon were carburized on a single surface of specimens; previously, plated with copper, and the carburizing degree was accurately measured. Deep carburization does not always show the increase of the amount of carbon impregnation. The increase of the mixed ratio of BaCO_3 in the carburizing materials causes the great increase of the carbon concentration rather than thickening the layer. The significant directional property of ferrite grain in electrolytic iron disappears by heating above A_3 point; hence no difference between the carburizing degree to the directional location of the ferrite grain. The increase in weight by carbon impregnation in electrolytic iron was found to be considerably small in spite of the remarkable thickening of the carburized layer, the cause of which can be probably attributed to the hydrogen in the iron.

(Received March 8, 1948)

I. 緒 言

鋼を滲炭する場合の基礎的問題の一つは滲炭によつて、(i)滲炭層の厚さが如何に變化するか、(ii)滲炭量、從つて滲炭各部の炭素濃度が如何様になるか、と云ふことである。この二つを包含するものを今假りに滲炭度の語を以つて表はすとする。滲炭度は從來の多くの研究⁽¹⁾によつて、鋼の化學組成や結晶粒度、更に滲炭劑中の BaCO_3 の分量等によつて著しい影響があることが知られてゐる。滲炭度の測定は、滲炭を一面に限らぬ場合は精密を期し難い。何となれば隣接する二表面が滲炭を受ける場合その角隅では正常の滲炭が起らず、小さな試験片ではその影響を無視出来ないからである。

著者等は鋼材の滲炭度を正確に測定するために先づ試片を全体銅メッキし、然る後、滲炭せんとする一面のみメッキを除去して、この面のみより滲炭せしめ、滲炭度に及ぼす種々の因子と滲炭度との關係を定量的に求めたのである。

II. 實驗方法

試料には種々の状態の電解鐵、熔鐵及び低炭素鋼、Cr鋼を用いた。電解鐵は、0.02%C, 0.005%P, 0.004%S, 0.01%Si, 99.89%Feの純度をもつてゐた。又熔鐵は0.02%C, 0.009%P, 0.03%S, 0.09%Si, 0.01%Mnの不純物をもつてゐた。低炭素鋼及びCr鋼は上記の電解鐵を原料としてタソマン炭素抵抗爐中で熔かし、鑄鐵(4.0%C, 0.04%Mn, 0.12%Si, 0.02%P, 0.02%S, 0.15%Vを含む)で加炭して0.1%C, 0.2%C及び0.1%C-0.8%Crの3種の鋼と、鑄鐵による加炭を行はないうで單に電解鐵を熔解せるまゝのものを使用した。以上の試料を種々の滲炭劑中に入れ、電氣爐中で940°に2時間加熱して爐冷した。この場合、滲炭劑としては木炭(10~20メッシュ)と BaCO_3 (配合量0%, 10%, 20%, 30%及び40%)とを混合したものを使用した。滲炭度の測定には、單位面積當りの滲炭後の重量増加を天秤で測ると同時に顯微鏡によつて滲炭の深さを求める方法を用いた。尚、滲炭防止に使用した銅メッキは BaCO_3 40%迄の如何なる配合の滲炭劑によつても、940°-2時間加熱によつて破壊されることはなかつた。一例として BaCO_3 30%を含む滲炭劑中に試料全体を銅メッキしたものを埋めて滲炭を試みるに、重量増加は0.02mg/cm²であつた。又その試料を檢鏡するに何等滲炭せる形跡を認めなかつた。

III. 實驗結果とその考察

熔鐵と一度も熔解しない電解鐵とは次の状態で試験に供した。

試料a：熔鐵を760°-11時間加熱後空冷せるもの

試料b：熔鐵を1200°-20分間加熱して粒の成長を起さ

せて空冷せるもの

試料c：電解鐵に於て附着面に平行する面の銅メッキを除去したもの

試料d：電解鐵に於て附着面に直角する面の銅メッキを除去したもの

試料e：電解鐵を850°にて鍛造後焼鈍したもの

試料f：電解鐵を1000°にて加熱後空冷せるもの

以上の試料の滲炭前及び滲炭後の結晶粒の大き及び形狀等は次の圖に示す如くである。

滲炭部の顯微鏡組織は電解鐵を試料とするときは常にセ

Fig. 1 Grain-Size Before and After the Cementation-Treatment.

メントイトの凝集した異常組織を呈したが、これに對して熔鐵は滲炭異狀組織を生じなかつた。滲炭劑中の BaCO_3 の濃度化が滲炭深さに及ぼす影響はTable 1で示される。

Table 1 Influence of the Mixing Ratio of BaCO_3 on the Cementing Depth (mm).

Sample	a	b	c	d	e	f
$\text{BaCO}_3\%$						
0	0.754 (0.0)	0.8104 (0.0)	0.9828	0.9676	1.9820	0.9697
10	0.7560 (0.0)	0.8316 (0.151)	1.0584	1.0584	0.9828	0.9828
20	0.8316 (0.262)	0.8543 (0.370)	1.1718	1.2090	1.0205	0.9831
30	0.9080 (0.2645)	0.9450 (0.378)	1.1720	1.2196	1.0584	1.134
40	0.8543 (0.3407)	0.9072 (0.4536)	1.2036	1.1945	1.0433	1.0357

Figures in () show the depth of the carbon concentration of the hyper-plus hypo-eutectoid zones, the others meaning the total cemented depth.

Table 2 Influence of the Percentage of BaCO_3 on the Weight Increase (mg/cm²).

Sample	a	b	c	d	e	f
$\text{BaCO}_3\%$						
0	1.038	1.47	0.0	0.0	0.0	0.0
10	1.710	2.69	2.39	2.27	2.05	2.50
20	2.810	3.42	2.43	2.475	2.09	3.15
30	4.30	5.72	2.748	2.555	2.21	3.05
40	5.73	5.83	2.8	2.77	2.39	2.93

Table 2 は BaCO_3 の増加につれて滲炭重量が如何に増大するかを示す。

(1) 例へばTrans. Amer. Soc. for Metals, 26(1938), No. 3, 607, 646, 687, 706, 752, 766 等。

以上の結果より次の事実が知られる。

(i) 電解鐵は電着のまゝではフェライト結晶の發達に著しい方向性がある(Fig. 1の如く)が、試料c及びdの滲炭結果から判る如く、電着面に直角及び平行の何れから滲炭させても、滲炭劑の配合比の如何に拘らずその滲炭深さ及び滲炭重量に殆んど差異を認めない。フェライトが A_3 點を通過してオーステナイトに變態する變化はフェライト狀態の方向性を消失せしむるに十分であることが判る。

(ii) a, b再試料の結果からも判る如く、オーステナイト粒度の大きい方が滲炭深さも滲炭量も共に大であることは從來の研究結果と同様である。

(iii) 電解鐵の方が熔鐵よりも深く滲炭されるに拘らず、滲炭量に於ては逆に熔鐵の方が電解鐵よりも大であると云ふ注目すべき結果を得た。その原因として確實なことは言へぬが、これを推測するに、電解鐵に於ては鐵が純度の高いために炭素の内部への擴散がより速かであると同時に水素の多少殘存するために滲入するCは内部より擴散する水素と反應して $C + 2H_2 = CH_4$ となつて鐵中に止まり難いものと考えられる。

(iv) 電解鐵に於ては最初試料の狀態が如何になつてゐようとも、一定の滲炭劑ならば滲炭の深さは殆ど常に等しい。但し滲炭量に於ては粒の粗大の方が少しく大きくなる。一般に電解鐵に於ては粗面より滲入した炭素が相當多い如く見受けられる。

(v) 滲炭劑中に $BaCO_3$ を含まぬときは電解鐵の滲炭重量は極めて少い。而もかなり深くまで滲炭される。即ち炭素濃度の極めて低い層が $BaCO_3$ を含まぬときに得られる。而して滲炭劑中 $BaCO_3$ の増加は滲炭深さにはさほど影響がないが、滲炭重量に於ては可成り著しい増加が認められる。

(vi) $BaCO_3$ 濃度の影響は滲炭深さの關係では、その増加と共に僅かに深くなるが、滲炭の重量關係では $BaCO_3$ を増すと著しく

Fig. 2 Weight Increase of Specimens by the Concentration of $BaCO_3$ in the Cementing Mixtures.

るが、種々の狀態の純鐵では $BaCO_3$ 含量約20%で重量増

加に對する効果が最も最大となる。而して電解鐵では滲炭劑中 $BaCO_3$ %の増加は主として滲炭部分のC濃度を高めることにあづかつてゐる。熔鐵は滲炭深さは浅いが滲炭重量は甚だ大である (Fig. 2)。

次に電解鐵を原料とした熔鐵及び熔鋼についての滲炭度試験を Table 3 及び Table 4 に示す。

Table 3 Influence of the Percentage of $BaCO_3$ on the Cemented Depth (mm).

Sample	0.0%C	0.1%C	0.2%C	0.1%C-0.8%Cr
$BaCO_3$ %				
0	mm 0.6426	0.6199	0.6124	0.6950
10	0.8316	0.8306	0.7180	0.7310
20	0.9072	0.8310	0.7484	0.7182
30	0.8326	0.8336	0.7188	0.7180
40	0.8694	0.8089	0.6728	0.6955

Table 4 Influence of the Percentage of $BaCO_3$ on the Cemented Weight.

Sample	0.0%C	0.1%C	0.2%C	0.1%C-0.8%Cr
$BaCO_3$ %				
0	mg/cm² 1.675	1.666	1.601	1.662
10	2.092	1.832	1.705	2.030
20	2.210	2.120	2.070	2.831
30	2.875	2.242	2.181	2.903
40	3.062	2.948	2.418	2.842

これらの結果より次の事實を知る。

(i) 滲炭重量は滲炭劑中の $BaCO_3$ の配合比の大なるもの程著しく大となるが滲炭深さに於てはさほどの増大を見ない。

(ii) 滲炭劑の配合比の如何に關せず滲炭重量、深さ共に低Cになるほど大となる。但しCrを含有するものでは同じく0.1%C含量でもCrを含ませ鋼に比べて滲炭重量で大となるが滲炭深さは概して小である。即ち、從來から知られる如く、Cr鋼では滲炭部C濃度の高いものを生ずる。

(iii) 顯微鏡組織はCrを含有するもの以外は何れも異常組織を示し、著者等が熔製した熔鐵は市販熔鐵と大いにその性状を異にしていた。

(iv) 電解鐵を一度熔融したものは電解のまゝのものに比して滲炭深さが浅いに拘らず重量増加は大となる。一度熔融することによって市販純鐵(試料a)の滲炭挙動に接近した性質を示した。

IV. 要 約

電解鐵及び市販熔鐵を原料として種々の狀態をつくり、又一方鋼を調整してこれ等を試料として、滲炭を行ひ、その滲炭深さと滲炭重量とを、銅メッキ法の適用によつて精密に測定した。本研究によつて滲炭深さと滲炭重量とは比例せぬ場合が少くないことが知られた。又、滲炭劑中 $BaCO_3$ の配合比の増加は概して滲炭深さよりも滲炭部C濃度の増大に作用することを明らかにした。電着せるまゝの鐵にみるフェライト粒の著しい方向性は A_3 變態によつて消失し、滲炭度と滲炭方向との關係として特に認むべきほどの變化を生じなかつた。尙電解せるまゝの鐵は滲炭層が深くなつても滲炭量が僅少である事實を認め、その理由を考察した。