

窒素硬化用鋼の炭素量の窒素硬化に及ぼす影響

(日本鐵鋼協會第八回 講演大會講演講演)

石澤 命 知

EFFECT OF CARBON CONTENT OF NITRIDING STEEL

By Michitomo Ishizawa.

SYNOPSIS:—The higher carbon content of nitriding steel becomes the more difficult nitriding. That is, carbon has effect Principally on hardness of nitrided layer in short time nitriding, but produces much difference in depth in long time nitriding.

Thus, the present auther has come to the conclusion, That carbon prolongs the saturation with nitrogen, and retards the diffusion velocity of nitrogen in inner part of steel during nitriding.

- I 緒 言
 II 試 料
 III 窒素分析法
 IV 變態點及び調質
 V 窒化装置並に操作
 VI 窒化の硬度と深さ
 VII 組 織
 VIII 500°C に於ける飽和窒素量と炭素量
 IX アムモニアとベンゾールとの混合瓦斯による窒化
 a) 使用ベンゾール
 b) 混合瓦斯による窒化
 c) 混合の割合による影響
 d) 結 果
 X 結果の考察

今回は特に窒化用に廣く使用せられて居るアルミニウム、クローム、モリブデン鋼の含有炭素量の異なるものについての硬化の有様を研究したのである。

II. 試 料

試料はクリプトール爐製でアームコ鐵に金屬クローム、アルミニウム等を添加して第1表に示す

第1表 資 料 成 分

Mark	C	Si	Mn	Al	Cr	Mo	N ₂
C 1	0.200	0.33	0.42	1.62	1.50	0.28	0.0103
C 3	0.405	0.42	0.32	1.41	1.54	0.28	0.0084
C 5	0.560	0.36	0.42	1.24	1.56	0.24	0.0084
C 7	0.805	0.47	0.32	1.42	1.53	0.29	0.0071
C 10	0.925	0.32	0.51	1.14	1.48	0.35	0.0088
C 13	1.410	0.49	0.35	1.46	1.51	0.40	0.0099
C 17	2.060	0.45	0.42	1.45	1.53	0.24	0.0122

如き成分の鋼塊 (4kg) を作り各々 12mm 角に鍛造後焼入れ 700 C で焼戻し 10mm 角 50mm 長さの削成した、此の際ミリングによる削粉を粉末試料とした。

III. 窒素分析法

窒化した試料の窒素分析は大川二十二氏¹⁾の方法並に装置²⁾に基いて行つたのである。即ち

1) 大川二十二氏 水曜會誌 第4巻第10號 大正14年12月

2) 大川二十二氏 水曜會誌 第5巻第5號 昭和2年6月

I. 緒 言

著者が前にアルミニウム、クローム、モリブデン鋼を窒素硬化した時其鋼の含有炭素量が多い時は甚だしく硬化が防げられる結果を得た。¹⁾ 又他にも同様の結果を發表して居るのが見受ける。²⁾

1) 石澤命知:—三菱航空機株式會社研究報告第239號

2) Von W. Eilender und O. Mager:—Archiv für das Eisenhütten Wesen 1931. p. 343-352

アルカリメトリ法で指示液は沃度エオシンの1/500,000濃度の液を使用した。使用現定液の硫酸並に苛性加里はN/100溶液、試料溶解液は32%硫酸溶液である。これはメルク製無窒素硫酸(96% H_2SO_4)50grを精製水で1,500ccに稀釋したもので50cc宛を使用した。蒸溜液は30%苛性加里液である。即ちメルク製苛性加里50grを普通の蒸溜水1,000ccに溶解し銅を被覆した亜鉛粒を投入し放置後約1/2に蒸發し精製水で1,500ccに稀釋したものである、毎回150cc宛使用する。使用水は普通の蒸溜水を1/10量の苛性加里液(50%)と混じ銅を被覆した亜鉛粒を入れて蒸溜し次で此の蒸溜した水に數滴の硫酸を滴下し再蒸溜したのである。再蒸溜の時は石英管製の冷却管を使用す、装置で異なる點は蒸溜装置のフラスコより冷却管に導く無アルカリ硝子管を石英管で置換した事であつて誤差を生ずる原因を少なからしめる爲である。

A 空試験の結果は次の如し。

溶解用硫酸液 50cc、蒸溜用苛性加里液 150cc、精製水 350cc、蒸溜の際の激沸防止劑として金屬粒狀錫 10gr、溜水液は100~120分で100cc、規定液、苛性加里、硫酸は何れもN/100(但し硫酸は10cc)、指示液は沃度エオシンのエーテル溶液、溜出窒素量は最高0.00002326gr、最低0.00001107gr 9回平均0.00001652gr、試料5grとすれば0.00033%に相當す。

B 0.00025grの窒素分を含む NH_3Cl を添加したる時。

溜出窒素量は最高0.0002581gr、最低0.0002466gr、5回平均0.0002553gr、前の空試験結果を差引くと0.000239grの結果を得た。

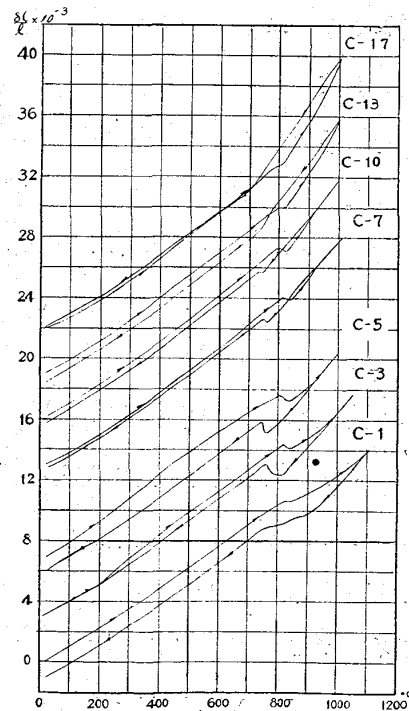
C Armeo Iron

板及び丸棒より試料5gr宛採取し得たる結果は
 丸棒 0.0033 0.0032 0.0032 0.0031 0.0031 平均 0.00315
 板 0.0038 0.0038 0.0037 0.0037 平均 0.00375
 故に此の窒素分析法は窒化する試料に對しては充分精密なる結果を得るものである。窒化前の試料は5gr窒化後の試料は0.5grを使用した故試薬、使用水等に含有せる窒素の値は5grに對し0.003%、0.5grに對し0.003%に相當する事を確めたる故、此の數値を測定窒素量より常に控除した。

IV. 變態點及び調質

資料の一部を5mm直径に鍛造後加熱膨脹により變態點を求むるに第1圖に示す如し。

第1圖 加熱膨脹



故に焼入焼戻の溫度を次の如くに撰定した。

鋼種	焼入	焼戻	硬度
C 1	1,100°C-20分油冷	700°C-2時間油冷	250
C 3	950°C-20分油冷	"/	309
C 5	900°C-20分油冷	"/	318
C 7	850°C-20分油冷	"/	289
C 10	850°C-20分油冷	"/	311
C 13	850°C-20分油冷	"/	354
C 17	850°C-20分油冷	"/	364

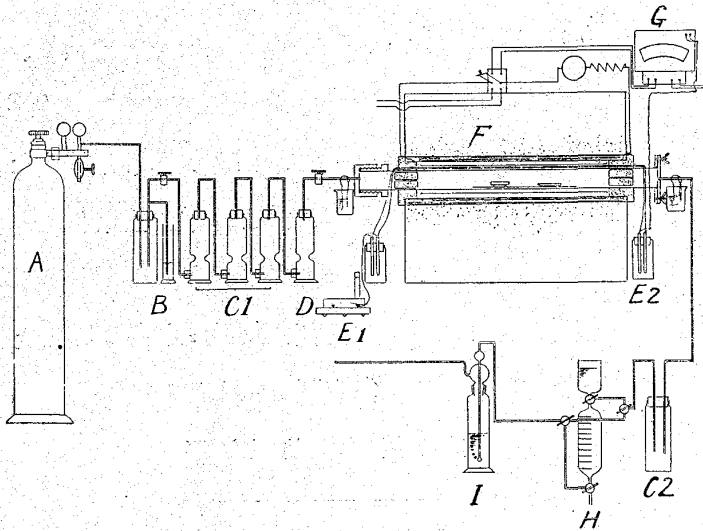
調質後窒化用試料は研磨紙 No. 00 迄磨いて平

滑にした。粉末試料は乳鉢で粉碎し 50 目篩以下 200 目篩以上を使用した。

V. 窒化の装置並に操作

窒化の装置は第 2 圖に其の大要を示す、窒化用

第 2 圖 窒化装置



の外函は 高 Ni-高 Cr-鋼の圓筒を使用し内徑 45 mm、長さ 900 mm、其外側に温度を均一ならしむる爲に 2 mm 厚さの銅板を巻く。故に爐の中央 165 mm の長さが 500°C に於て 2°C 以内の温度差である。試料を支持するには純ニッケル板多數の圓穴を開けて金網の様にし兩側を折り屈げて皿形とした此の皿の中に磁製の試片受を置き上端の突起部に硬化用の資料を横へた。窒素測定用の粉末試料は磁製小舟に入れ幅 10 mm、長さ 45 mm の面積に一樣に散布した。小穴を多數穿ちたる耐熱煉瓦製の栓を窒化用函の内部の兩端に軽く入れ内部の熱の幅射を少なくした。アムモニアの通路は第 2 圖により明瞭である。即ポンプ (A) より出でたる瓦斯は (B) の安全装置を経て棒状苛性曹達及び曹達石灰を満せる (C₁)、(D) により乾燥せられて窒化室 (F) に入り資料窒化後棒状苛性曹達瓶 (C₂)、水を入れたる瓶 (I) を経て空中に放出す。

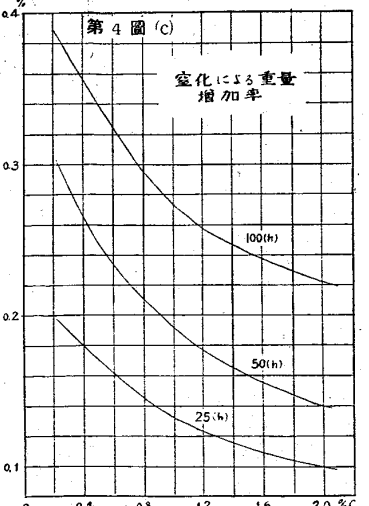
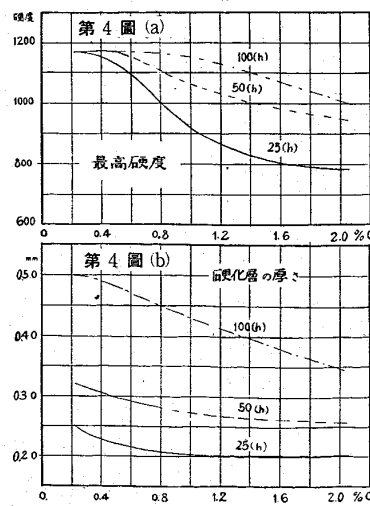
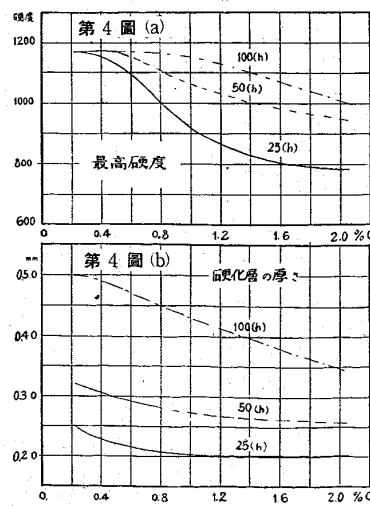
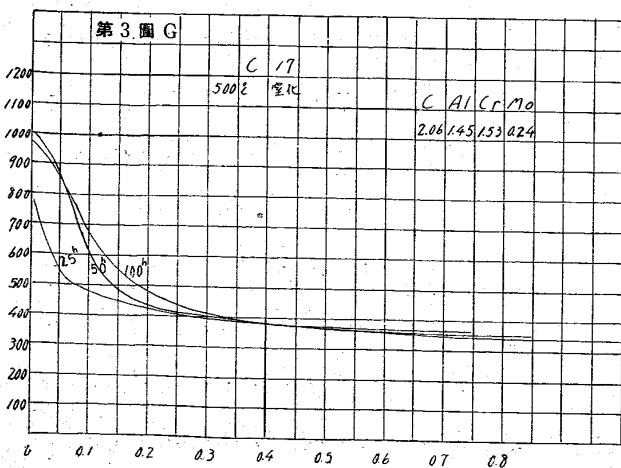
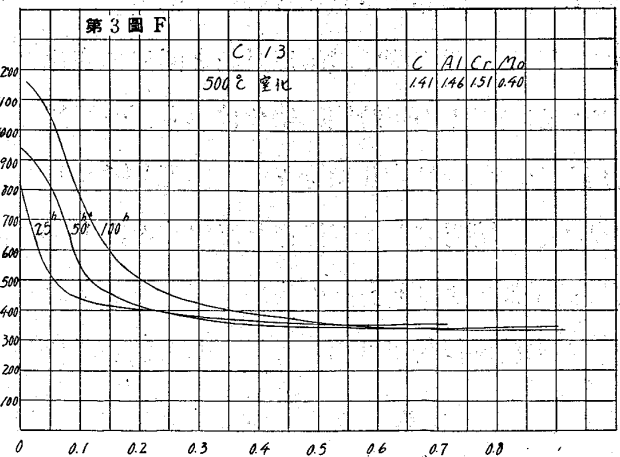
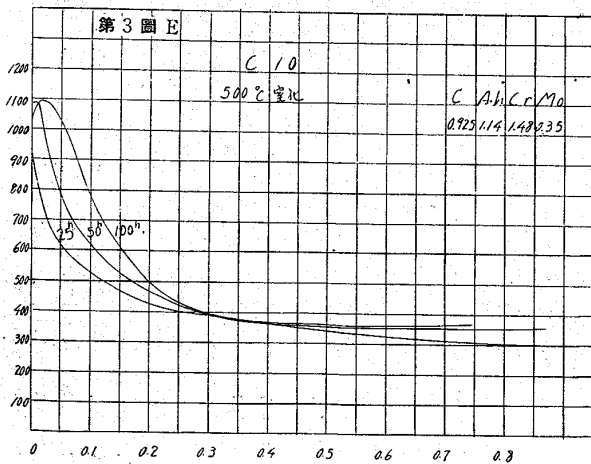
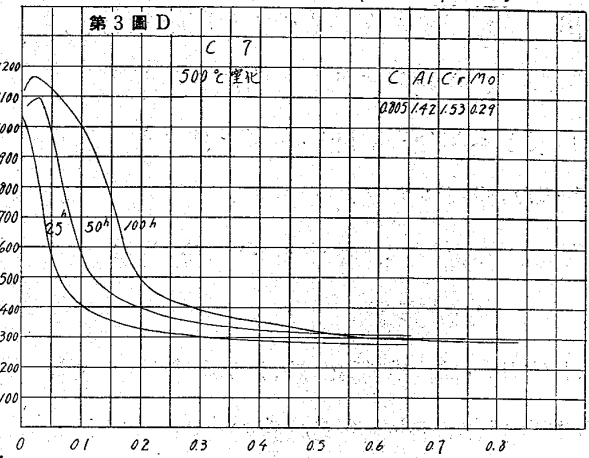
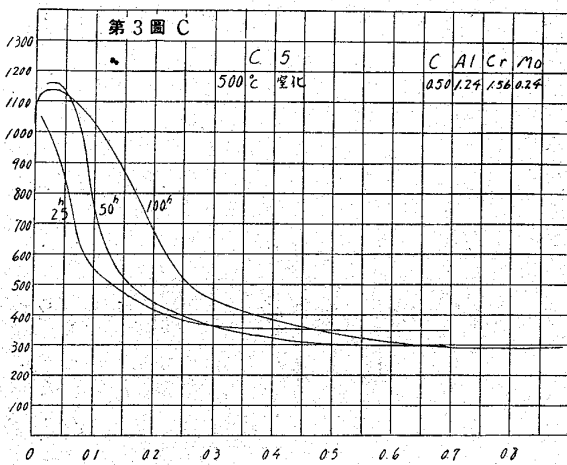
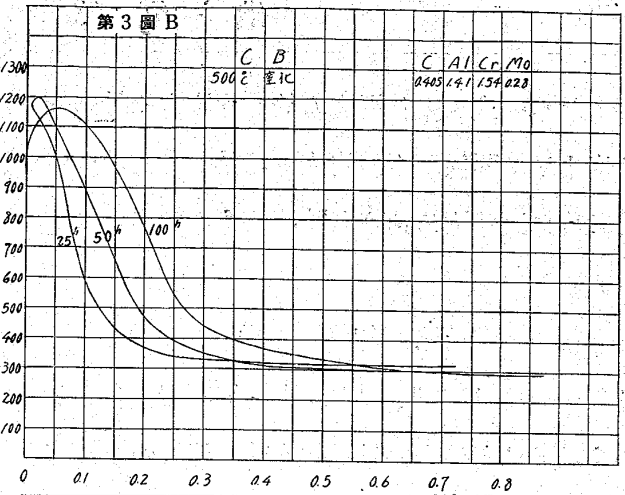
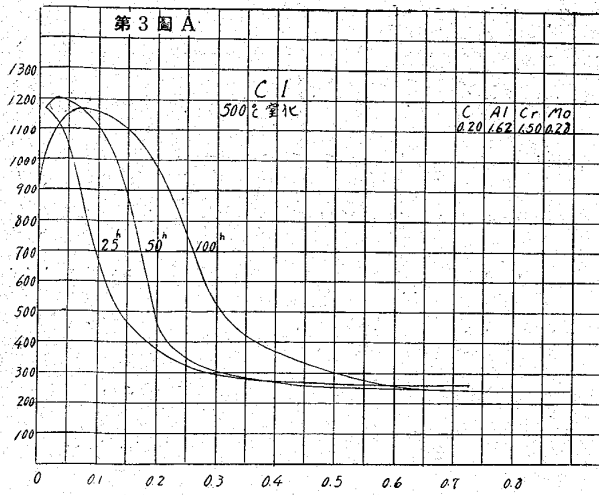
而して時々アムモニア分析装置 (H) により排氣中の残留アムモニアの量を測定した。窒化用高 Ni-高 Cr-鋼製圓筒及びニッケル製支臺は豫めアムモニアを通じて 500°C に 100 時間以上加熱し窒化

瓦斯を飽和せしめ、又資料の裝入位置は種々豫備實驗の後最も均一なる結果を得たる方法によつた。即ちアムモニアの流れる方向に硬化試料、次に粉末試料を入れた磁製小舟を置き此の組合せを圓筒中に 2 組並行に置き其全長をば 120 mm とした故、試料は温度差 2°C 以内の均熱範圍に充分裝入する事を得た。操作は温度 500°C、排氣瓦斯中残留アムモニアは 80%、壓力は 90 mm 水柱、裝入後常温にて 2 時間瓦斯を通じて後 100~110 分で 500°C に高め所要時間保持

後電流を斷ち瓦斯を通じつゝ 100°C 以下に温度下降したる時試料を取り出し直ちに 100°C の空氣浴中に加熱してアムモニアの附着せるものを揮發せしめた。

VI. 窒化の硬度と深さ

前項の状態で窒化せしめた各試料の硬度及び其厚さは第 3 圖の如くである。是等の最高硬度並に硬化層の厚さを含有炭素量により比較すれば第 4 圖に示す様である。即ち炭素含有量多い程窒化は困難になり厚さ硬度共に減少す。短時間の窒化は厚さよりも硬度に可なり著しく差別を生じ、窒化時間長くなる程硬度よりも厚さに深淺の差が大になる。故に窒化により其温度に對する窒素の飽和状態に到達するには含有炭素量多い程時間を要するのであつて其飽和状態に到着したる後は只内部に擴散するのみで之も炭素量多いもの程擴散速度が遅くなる事が判明した。尙 Al, Cr, Mo が一定



であるならば或る窒化温度に於て到達する最高硬度は炭素量に關係なく、炭素量は其の平衡状態の最高硬度に到達する速度を防げるものである事が分る、

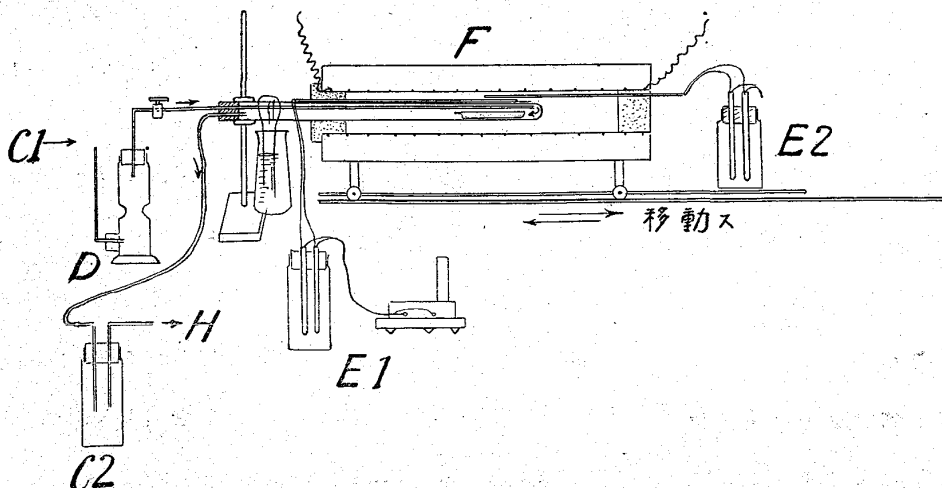
VII. 組 織

窒化の有様は C-1、C-3、C-5 等の炭素含有量低いものでは PL-I で見る如く粒の境界の所に窒化物が出来るが炭素の多いものでは明瞭でない、只硬化されざる心殻部に比して腐蝕され易き基地が存在し來る事が分る。即ち前者とは異なる如く非常に細微の組織となる様である。

VIII. 500°C に於ける飽和窒素量と炭素量

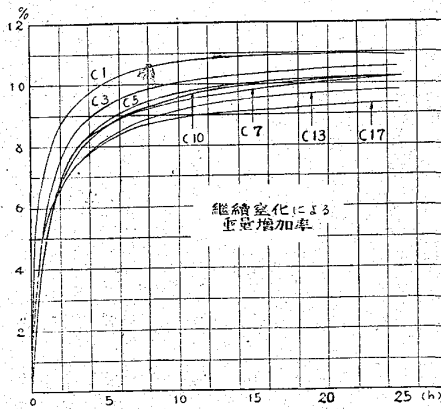
500°C 窒化の飽和状態に於ける窒素量を求むる爲 50-200 目篩の間の粉末状態のものを使用し、窒化装置は 25 時間以上は第 2 圖に示せるものによりて VI 項の硬度測定試験用試料と同時に窒化せしめたが夫以下の短時間の窒化は第 5 圖の装置を使用した。此際は窒化用函として内径 24mm 長さ 500mm、一端閉ぢたる石英管を使用し内径 4mm の硬質硝子管により石英管の奥底迄アムモニアを送り試料に接觸後排出せらるゝ様にした、加熱爐

第 5 圖 窒 化 装 置



は温度差 5°C 以内の部分に中央に長さ 220mm の範圍に互り、前後に移動する臺車の上に乗せたのである。窒化試料装入後アムモニアを送り、充分空氣と置換したる時、豫め 500°C に加熱し置きたる加熱爐を前に移動せしめ窒化用石英管を急速に 500°C 迄加熱す、500°C に上昇するに要する時間は 8~9 分間である。豫定の時間 500°C で加熱したる後加熱爐を後に引き石英管を冷却せしめた、100°C 以下に下降するに 6 分間である、冷却後アムモニアを止め 試料を引き出し 100°C の空氣浴中で残留アムモニアを試料より揮發せしめて後窒化せる資料を分析に使用した。先づ豫備として一つの試料を 3gr 磁製小舟に入れ 1 時間、2 時間と

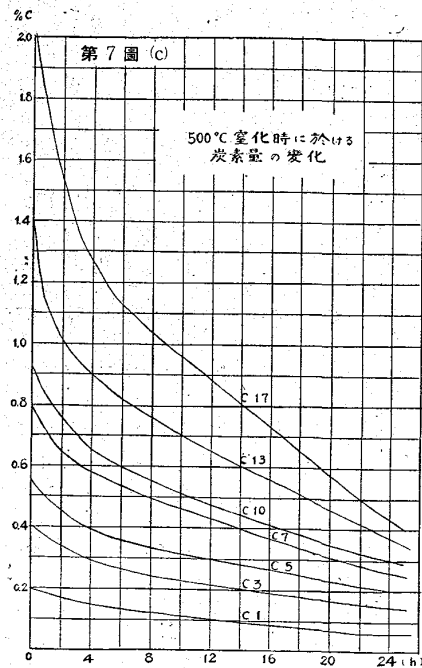
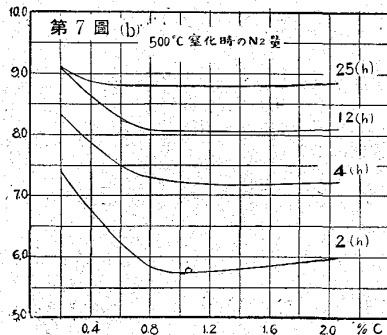
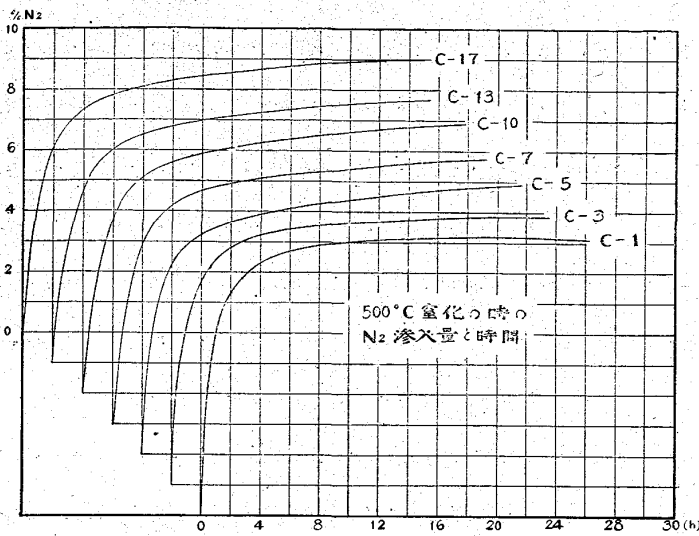
第 6 圖



累ねて窒化せしめ其増加重量を測定するに第 6 圖の如く約 25 時間にて飽和状態近く迄到

達する事を知る。次に各別に試料を各々豫定時間窒化後窒素及び炭素を求めたる結果は窒化時間に對して窒素の増加量は第 7 a 圖。同一窒化時間に於て炭素量による窒素増加量の變化は第 7 b 圖。窒化時の炭素の減少量は第 7 c 圖に示した。之等の結果は窒化によつて窒素量は次第に時間と共に

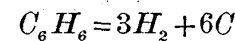
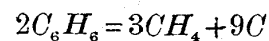
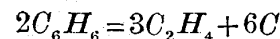
第 7 圖 (a)



セメンタイトとなつて、 α 鐵に溶解して居るものは僅小である。窒化に於ては窒素が鐵と結合して Fe_4N 進んでは Fe_2N なる化合物を作るのであつてセメンタイトは直接此の機構には参加して居らぬものである。故に炭素多き時は遊離の α 鐵が少なくなる結果短時間の窒化では第 7 圖 b で示す如く約 0.9% C より以上と以下とで異なつた傾向を有するのである。又窒化の際炭素の減少するはアムモニアの分解による水

増加し鋼の炭素量の多少による差は少なくなる。炭素量は窒化時間長くなる程次第に減少し高炭素の鋼程其減少率は急激で 100 時間窒化の時は約 0.060% C になる。

素の爲に脱炭せらるものと考へるが至當である。最近二三の文献によると此の脱炭を防ぐ爲にアムモニアにベンゾールを混入せしめて此の水素の脱炭作用を阻止せしめて居るが之れは主としてベンゾールが分解して炭素を遊離し之れが水素と結合して脱炭作用を減少するとの考へによるものであらう。然るに香坂要三郎氏の研究によると¹⁾ ベンゾールを加熱すると分解はするが 800°C 附近迄はベンゾールの核の破壊分解は殆んど行はれない主としてデイフェニールが生じ同時に水素を遊離するものであつて



等の分解は殆んど前者に比すれば低温度に於ては行なはれないと考へて良い。

故に窒化の際には實際水素の脱炭作用を阻止するものであるや否や實驗を行ふ事とした。

A 使用ベンゾール

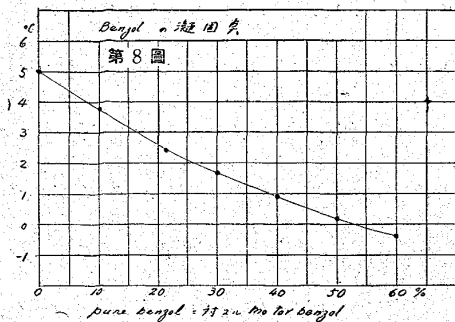
純ベンゾールは 5°C で凝固する爲之れにモーターベンゾールを一定量混合して凝固點を降下せ

IX. アムモニアとベンゾールとの

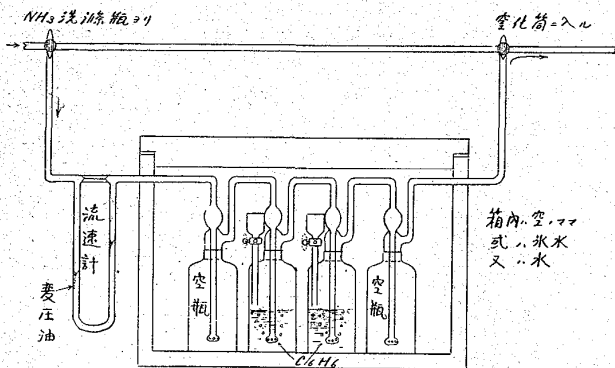
混合瓦斯による窒化

窒化によつて鋼の炭素量が次第に減少し來る結果を得たが大部分の炭素は焼入焼戻状態である故

¹⁾ 香坂要三郎：一燃料協會誌 No. 73 昭和 3 年 10 月



第 8 圖
Benzol(C₆H₆)Gas 混合装置



保温箱内の瓶に入れ流速計により 150cc/分のアムモニア瓦斯を通じ送入瓦斯中のベンゾールの量を約一定とした。但しベンゾールの温度を一定に保たしめた事は勿論である。此の不純なベンゾール中にはトリユオール、クシロール等が存在するも之等は沸騰點高き故ベンゾールのみ瓦斯化すると假定しベンゾールの減量より計算すると送入瓦斯中の成分は第 2 表の如くである。

第 2 表 窒化瓦斯中のアムモニアとベンゾールの混合比

温度	ベンゾール		窒化瓦斯成分(容積比)	
	25 時間の減量	比重	ベンゾール	アムモニア
0°C	33 cc	0.883	3.91 %	96.09 %
16.6	75	—	8.44	91.56
24.6	129	—	13.68	86.32

B 混合瓦斯による窒化

ベンゾールを 0°C で瓦斯化せしめたる混合瓦斯により粉末試料を 500°C 25h 窒化せしめた結果をベンゾールのみの窒化時の結果と比較するに窒化後の重量増加率は第 10 圖に、窒化後の窒素含

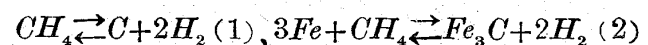
しめた(第 8 圖参照) 實驗にはモーターベンゾールを第 9 圖の様に

有量は第 11 圖に、窒化後の炭素含有量は第 12 圖に、窒化後の炭素量の増減率は第 13 圖に示す如くである。即ちベンゾール混合したる時は鋼の炭素量の多少に關せず窒化後の重量増加は大であるがベンゾールを混合せぬアムモニア瓦斯のみの時に比して窒素量は 0.5~0.6% 少ない。然るに炭素量は 0.4% C を境として炭素の多い鋼は脱炭し、少ない鋼は加炭して居る、アムモニアのみの時は炭素量の如何に關せず常に脱炭して居つたのである。又 10mm 角 50mm 長さのものを窒化したる時其硬度の深さに對する關係は第 14 圖に示す如くで炭素量の多少に關せずベンゾールの有無は甚だしき差異を與へない。

以上の結果によるとベンゾールの混在するアムモニアを以て窒化する時は粉末試料の際其炭素量 0.4% 以上では脱炭、以下では加炭する如き状態の瓦斯となつて居るが其排氣を分析するにアムモニアを除いた残りの瓦斯成分は

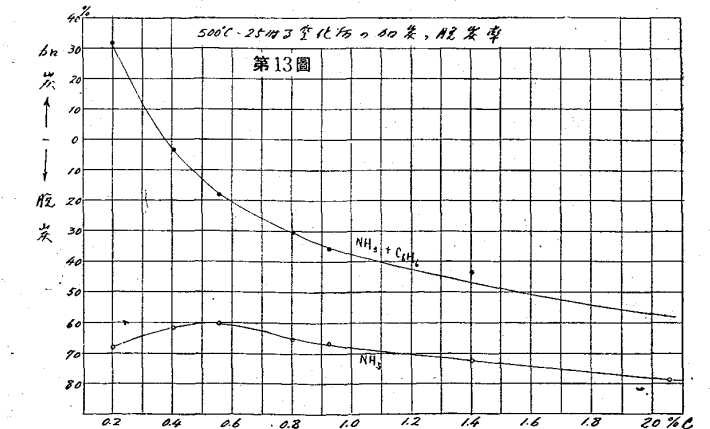
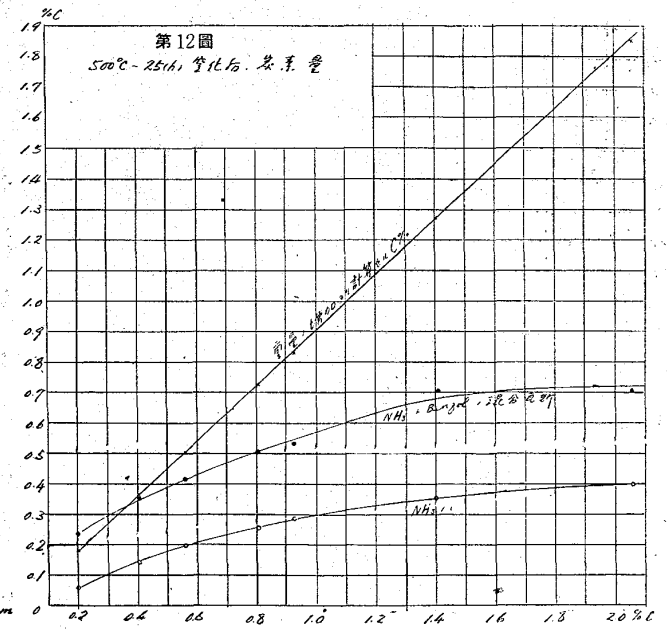
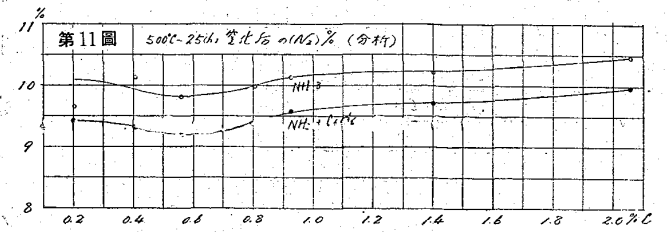
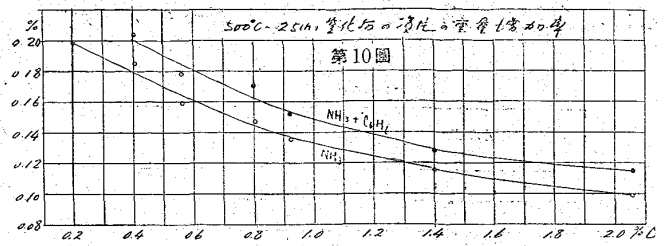
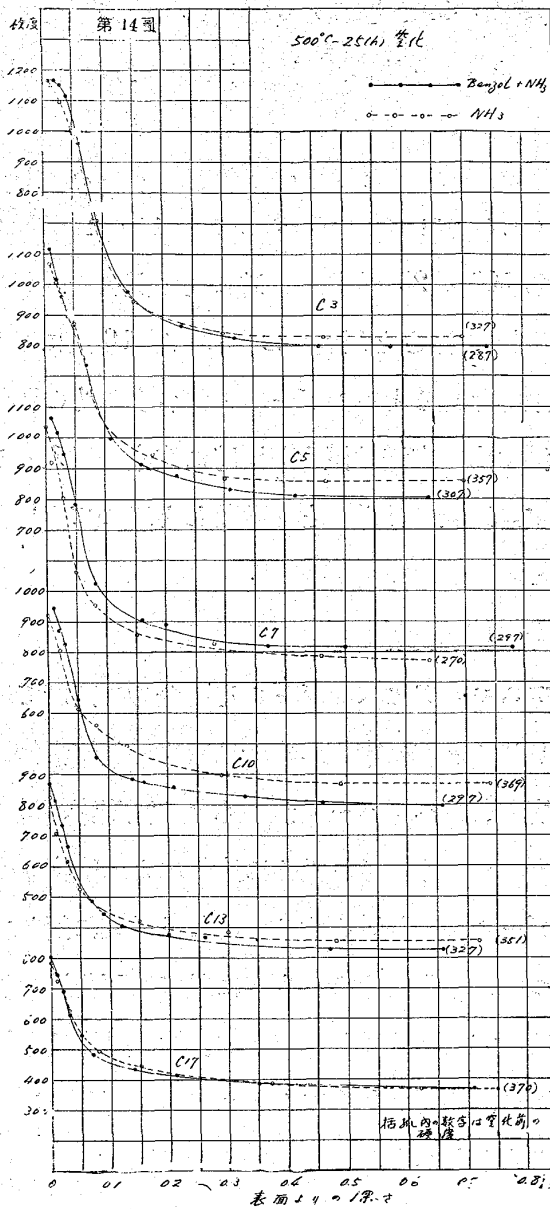
C _n H _m	C _n H _{2n+2}	H ₂	N ₂
2:20	1:47	74:33	22:00
2:70	1:43	72:70	23:10
3:20	0:99	69:56	26:25

の如くしかも瓦斯捕集並にアムモニアの除去に使用した水の表面にベンゾールが液化して浮んで居るを認める。C_nH_{2n+2} に屬するメタン(CH₄)と水素とによる鐵への滲炭現象は次式の如き機構で行われるが¹⁾



(1) 式では 500°C の時約 45%、(2) 式では約 15% 以下の水素の時滲炭が起る。500°C 窒化の時排氣中のアムモニアの量は 80% を標準として居る故、残る 20% の 3/4 即ち 15% が水素である。

¹⁾ R. Schenck:—Stahl und Eisen 20 May 1926.



100 容積の排気は 90 容積の送入瓦斯によつて生ずるのである故 0°C にて氣化せしめたベンゾールと排気中の水素との割合は 19.6 : 80.4 である、然してこれはベンゾールが分解しないと假定しての計算である。故に之等の事よりして排気中の水素の脱炭作用を阻止せんと望むならば相當に多量のベンゾールを送入する必要があると思はれる。假に排気中の水素とベンゾールの割合を 45 : 55 に保たしめやうと欲する時は送入アムモニアに對し約 18.6 のベンゾールを混する事を要す。

C 混合の割合による影響

ベンゾールの混合比を變化さす爲に其氣化器の溫度を異ならしめた、即ち 16.6°C と 24.6°C とに

するに混合比は第2表に示す如くアムモニア瓦斯

に對し 8.44% と 13.68% との混合比のものを得た。此の混合比の瓦斯を下記の如き成分の鋼に窒化させた。

C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Mo
0.377	0.31	0.72	0.025	0.068	1.59	1.76	0.28

即ち 500°C 25h 窒化した時に粉末試料の結果は第15圖に、深さと硬度との關係は第16圖に示したが之等を見るとベンゾールの混合多きもの程炭素の減少する有様は減少し同時に窒素の浸入量も減少す。又硬度は殆んど變化なしと云つてよい程である。

D 結果

アムモニアにベンゾールを混合せる瓦斯で窒化せしめると高炭素鋼の炭素は減少し低炭素鋼には滲炭す、又ベンゾールが多くなる程炭素の減少する事が少なくなる。然るに窒化による窒素量はベンゾール多き程減少するがそれは粉末に對してであつて、相當の大きさのものに就ては硬化層の硬度には甚だしい差異を認めない、故に脱炭は直接窒化機構には關係なくアムモニアの分解したる水素によると考へるが至當である。

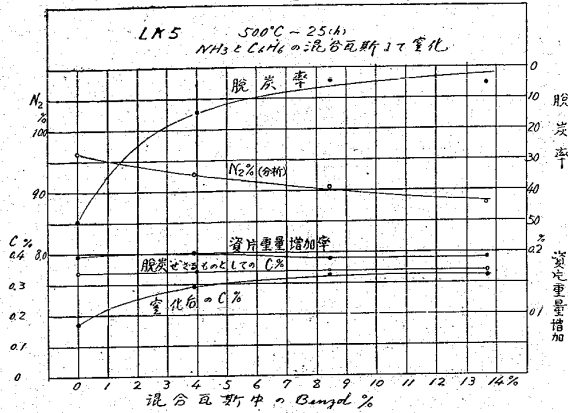
且又加入せるベンゾールは單にアムモニアを稀薄にするに過ぎない様であるが多少一部分被窒化鋼の炭素の減少を防ぐ様である。

X. 結果の考察

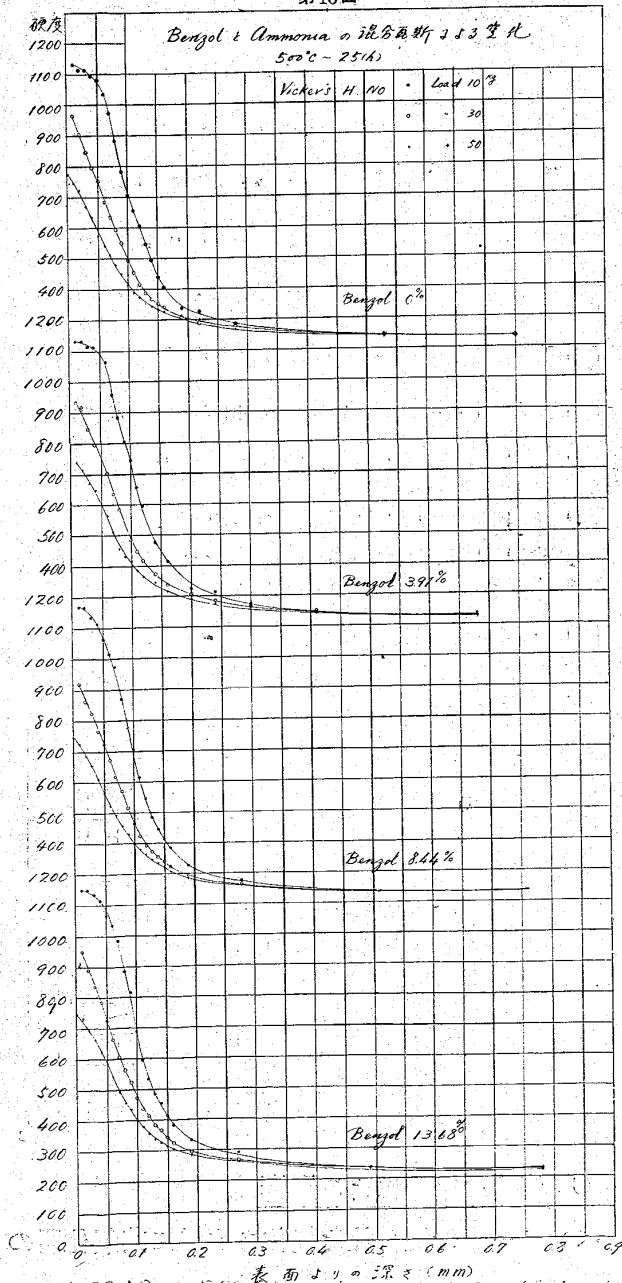
試料は何れも焼入焼戻状態である故固溶したる少量の外大部分の炭素は Fe_3C となつて析出し Al, Cr を固溶せる α 地金とソルバイト組織をなして居る。

窒化温度 500°C、排氣瓦斯中のアムモニアの殘量 80%、壓力、水柱 90mm の條件で窒化したる場合粉末試料によつての窒化物は約 Eisenhut 及び

第15圖



第16圖



Kaupp¹⁾によるε相、村上、岩泉氏²⁾によるη相に相当するものを得たのである。純粹の鐵を500°Cで窒化せしめる時は9.24%の窒素量のものが得られる。³⁾

此の實驗に於てアームコ鐵の削粉(50~200目篩)を窒化せしむるに第3表の如く50^h-500°C

第3表

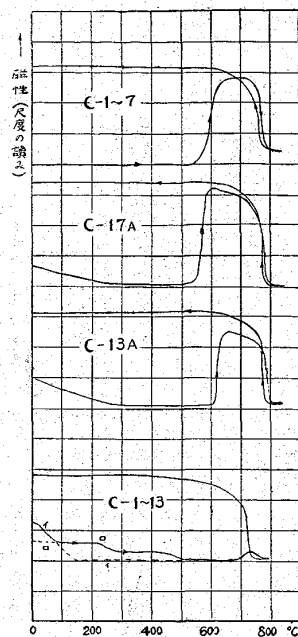
500°C 窒化時に於ける窒素量
資料アームコ鐵(50~200 mesh)
残留 NH₃ 85~80%

No.	重量増加		重量増加より N ₂ % 分析		N ₂ %	
	25 ^h	50 ^h	25 ^h	50 ^h	25 ^h	50 ^h
1	0.0783		7.269		6.964	
2	0.0784	0.1081	7.273	9.758		9.188
3	0.0789		7.316		6.903	
4	0.0789	0.1074	7.316	9.700		9.235
5	0.0750		6.980		6.679	
6	0.0753	0.1053	7.006	9.530		9.021
7	0.0760		7.004		6.691	
8	0.0754	0.1059	7.014	9.576		9.065
平均	0.0770	0.1067	7.147	9.641	6.809	9.127

にて9.127% Nとなる、元來アムモニアと鐵粉末との間の窒化作用は粒の太さにより飽和値に到達するに非常に差異あつて微細なる程時間は短くて良い。又窒化温度高くなると生成したる窒化物の分解が始まる故高温では反つて窒素量は少くなる。其最高窒素量を得るは450°Cであつて其値は Fe₂N となるに相當する 11.1% N であるが温度が之れ以上では減少す。故にアームコ鐵粉末により得たる 9.127% N は先づ 500°C での飽和値に近いものと考へらる。

故に此の研究に於ける資料の粒の大きさ並に窒化温度にては 10.279% N の値は Al, Cr によつて増大せられたと考ふべきである、そは 8.641% N 及び 10.256% N につき磁氣分析をなしたる結果

第17圖 窒化せる粉末試料の磁氣變化



第17圖に示す如く前者はη¹⁾のみで後者は(イ)のη相のみと(ロ)のη相とε相とのものよりなるものであつて此の差別は粒の大小によるものと考へらる、粒の小なるものは(イ)のη相のみのもとなり粒の大なるものが(ロ)のη相とε相とより成るものとなつて平均 8.641

% N であつて η 相のみのもものが大部分を占めて居るのである。又 9.212、9.613% N₂ は約 250°C で磁氣を無くす、即ち η 相である事を示す。尙此の資料の X 線分析を大澤、岩泉兩氏の發表せるもの²⁾に準じて行ひたる結果は第4表 PL-11 に

第4表 窒化鐵試料の X 線分析

試料 C 13 (100^h 500°C にて窒化せるもの)
窒化分析 C 0.10%、N₂ 9.212%

面指數	線間隔	反射角	1	
			d ² hkl	d ² hkl (計算)
002	55.4mm	26° 6'	0.2073	0.2066
101	58.4	27 33	0.2291	0.2283
102	77.6	36 45	0.3835	0.3833
110	93.9	44 38	0.5288	0.5301
103	106.6	50 44	0.6421	0.6413
112	117.3	55 53	0.7342	0.7367
201	120.0	57 11	0.7566	0.7584

六方晶系: a=2.747Å c=4.402Å c/a=1.602

試料 C 17 (100^h 500°C にて窒化せるもの)
窒化後分析 C 0.16%、N₂ 9.613%

面指數	線間隔	反射角	1	
			d ² hkl	d ² hkl (計算)
002	55.5mm	26° 9'	0.2080	0.2077
101	58.5	27 38	0.2304	0.2291
102	77.8	36 54	0.3862	0.3849
110	94.2	44 47	0.5315	0.5316
103	106.8	50 53	0.6449	0.6445
112	117.6	56 4	0.7374	0.7393
201	120.1	57 16	0.7580	0.7607

六方晶系: a=2.743Å c=4.389Å c/a=1.600

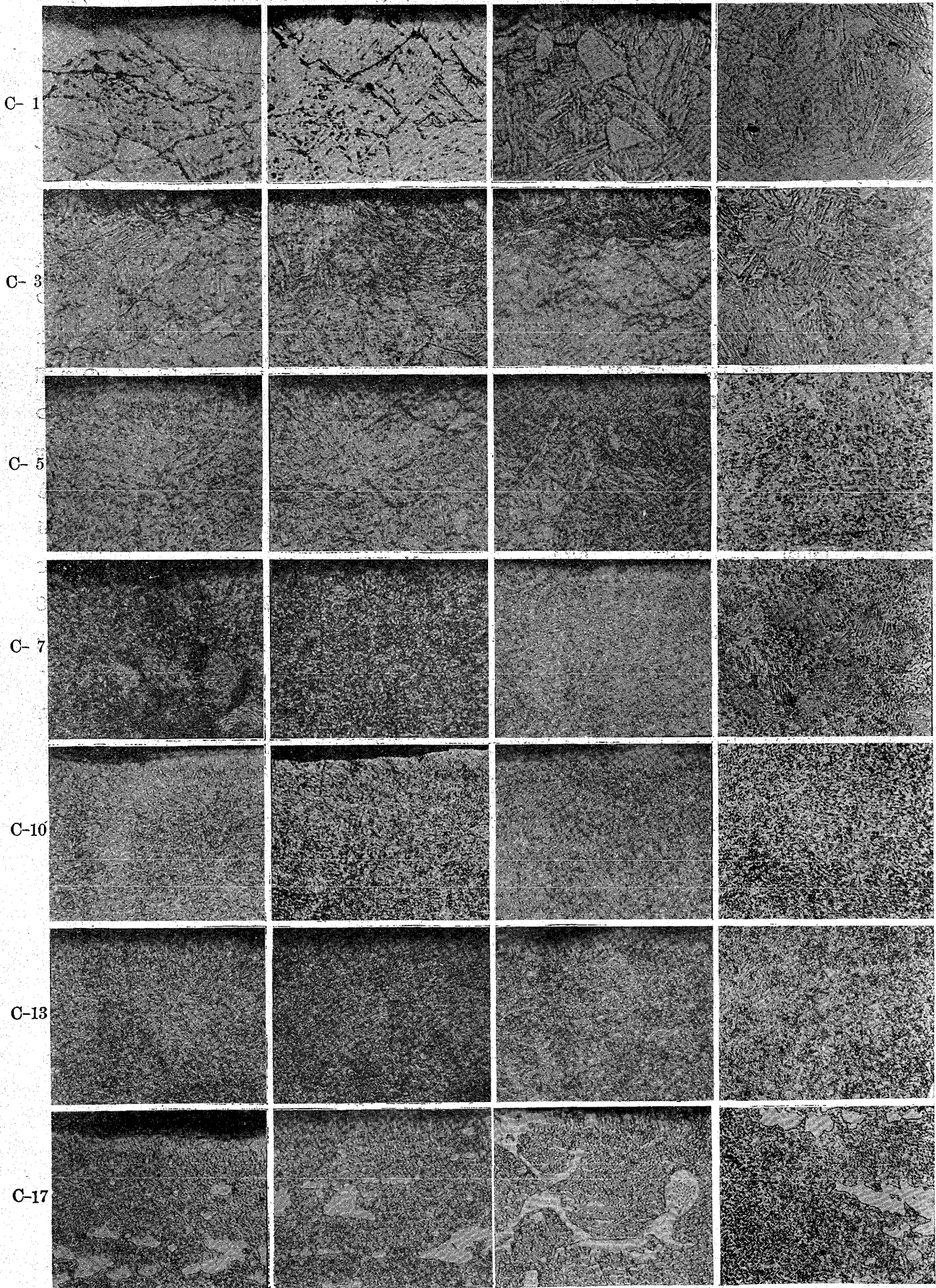
1) 村上、岩泉:—金屬の研究 第5卷第5號
2) 大澤、岩泉:—金屬の研究 第5卷第2卷 P. 71

1) O. Eisenhut and E. Kaupp:—Zeit Schrift Electro Chemie 36. 1930.

2) 村上、岩泉:—金屬の研究 第5卷第5號

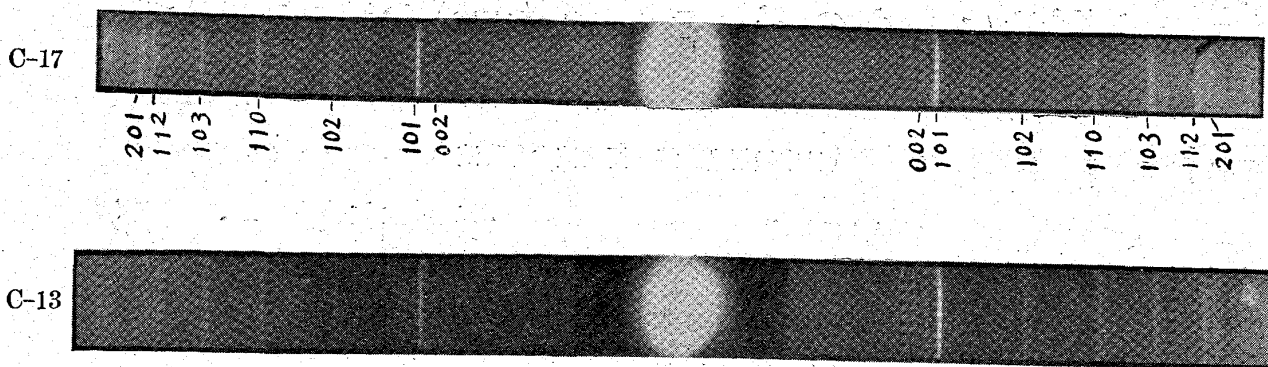
3) 中山 毅:—金屬の研究 第5卷第11號

PL-I 500°C-25時間 500°C-50時間 500°C-100時間 心 殼 部
 窒 化 層 窒 化 層 窒 化 層



× 500

PL-II



示す如く写真には Fe_2N の六方晶系に相当するもの、外に濃度小にして複雑なる多くの線があるが Fe_4N に相当する面心格子のものに由来すると断じ得ず、恐らくは其一層複雑なる格子を有するもの、混合して存在するものであらう、即ち完全に窒化し其飽和値近くに到達せるものは相のみとなる事を證明して居る。

之等の結果よりして次の如き結論が得られる。

窒化鋼に含有せる炭素は $500^{\circ}C$ 窒化の際飽和窒素量に達せざる状態の短時間窒化又は粉末でない資料等の場合は窒素の吸収を防げるものである。即ち鋼材の諸機械性質を優良ならしむるに必要な量以上の炭素は何等利する點なく $500^{\circ}C$ 100 時間窒化の際には含有炭素量の多少は其表面の硬度に何等影響しないが其硬化層の厚さに影響して高炭素である程硬化層が薄くなる。