

# 工具鋼焼入用鹽浴に就て

(日本鐵鋼協會 第五回講演大會講演)

杉 本 正 邦

## 目 次

- I. 緒 言
- II. 試 験 の 要 領
  - 1) 鹽 浴 の 種 類
  - 2) 供 試 材 料
  - 3) 使 用 電 氣 爐
  - 4) 試 験 の 方 法
- III. 試 験 の 結 果
  - 1. 炭素鋼用鹽浴
  - 2. 高速度鋼用鹽浴
  - 3. 鹽浴と瓦斯爐との經濟的比較
- IV. 總 括

## I. 緒 言

従來一般に双具、工具の焼入には瓦斯爐を使用するを便としあるも瓦斯爐を以てするときは瓦斯及空氣の壓力の變化並に作業扉の開閉に依て正確に一定溫度を長く保持すること相當困難にして且爐内各位置によりても溫度の差異あるのみならず被加熱物の酸化、脱炭の生起するの不利あり、而して之等の不利は成品の形狀簡單にして且炭素鋼製なるときは焼入溫度低きを以て或る程度までは加熱時間を長くすることによりて溫度の等齊を圖り或は木炭粉等にて包み酸化、脱炭を防止し得れども形狀複雑にして且寸法小なるタップ、ダイス、ドリル等の如き精巧双具は殊に之等が高速度鋼製なる時には大なる不利を招來するものなり、即ち之等双具は加熱間に於ける焼損、變歪、酸化、脱炭を防ぐため加熱時間の可及的短縮せざるべからざるを以て各部分の溫度の齊一を期し難く従て焼入の効果不十分になるの虞れあり殊に高速度鋼製なるときは其焼入溫度炭素鋼の770°C附近なる

に比し1,100°C乃至1,300°Cの高温なるを以て加熱溫度は一層短縮するを要し益々此困難を生ずると共に高温瓦斯に直接觸るゝ隅角部等は過熱せられ延ては脱炭せらるゝに至る而もかゝる精巧なる双具は焼入後研磨作業に附することを得ざるを以て尙一層の困難を伴ふものなり、而して脱炭を防止するために一般に木炭粉に包みて加熱し焼入に際しては木炭粉より取り出し油中急冷を行ひあるも木炭は1,300°C附近の高温に於ては却て反對に滲炭劑として作用するの虞あり、かゝる場合双具表面の含炭量増加に伴ひ此部分熔融し双具を廢品とするの危険あり又熔融程度に達せざるも此處に熔着せる木炭粉の除去は極めて困難なるものなり。

以上の如き瓦斯爐の使用による種々の不利は鹽浴を以てすれば或程度迄は之を防止し得るなり。

即ち鹽浴による加熱は次の如き利益を有す。

1. 加熱迅速にして等齊なり。
2. 適當に選擇せる鹽浴を以てすれば脱炭作業を防止し得、尙必要に應じ輕微なる脱炭又は滲炭作用を行はしめ得べき鹽浴を選定することを得。
3. 被加熱物の表面に鹽類の薄皮を残し以て鹽浴爐より焼入槽に至る間の酸化作用を防止す

## II. 試 験 の 要 項

### 1. 鹽浴の種類

鹽浴撰定上最も重要なる點は次の如し。

- 1) 鹽類の純粹にして一樣なること

2) 所望焼入温度に於て流動性良好にして被加熱物の表面に極く薄層の皮膜を残すと、此皮膜厚きときは鹽類の消耗大となり不經濟なるのみならず焼入を不整ならしめ變歪を生ぜしむ。

3) 上記の皮膜は焼入に際し被加熱物より剝脱すること。

4) 作業中有害瓦斯を發生せざること。

5) 溶解容易なること。

試験に供したるは普通一般に使用せられあるもの及當所考案のものを含み次の 15 種なり。

鹽浴番號	配合比	鹽浴量 25 kg のための重量配合比 kg kg
1	$7BaCl_2 + 3NaCl$	22.3 + 2.7
2	$4BaCl_2 + 6CaCl_2$	14 + 11
3	$7BaCl_2 + 3KCl$	21.7 + 3.3
4	$4NaCl + 6KCl$	8.6 + 16.4
5	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	
6	$3BaCl_2 + 7NaCl$	15 + 10
7	$BaCl_2$	
8	$6BaCl_2 + 4BaF_2$	16 + 9
9	$6BaCl_2 + 4MgF_2$	20.3 + 4.7
10	$3KCl + 2BaCl_2$	8.5 + 16.5
11	$4BaCl_2 + 3KCl$ + $2.5 NaCl + 2CaCl_2$	14.9 + 3.8 + 2.5 + 3.8
12	$NaN_3 + KN_3$	
13	$2KCl + 3BaCl_2$	11 + 14
14	$7BaCl_2 + 3Na_2B_4O_7$	4.8 + 20.2
15	$Na_2B_4O_7$	

但し No5 は途中より試験を中止せり。

(備考 上記各鹽類は實用上の見地より市場にある普通品を以てせり従て化學的純粹のものとは云ひ難し)

2. 供試材料

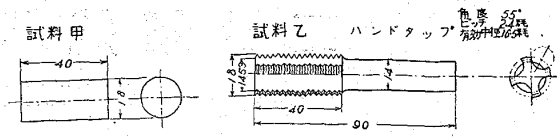
炭素鋼並に高速度鋼を以て 2 種の試料を作製せり、其化學成分、試料の寸法形状及熱處理法次の如し。

1) 化學成分

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Cr	V	W
炭素鋼	1.329	0.405	0.400	0.021	0.024	—	—	—
高速度鋼	0.575	0.016	0.240	0.010	0.001	4.888	0.455	16.972

炭素鋼は當廠製、高速度鋼はアーサーバルブ、一會社製なり。

2) 試料の寸法形状



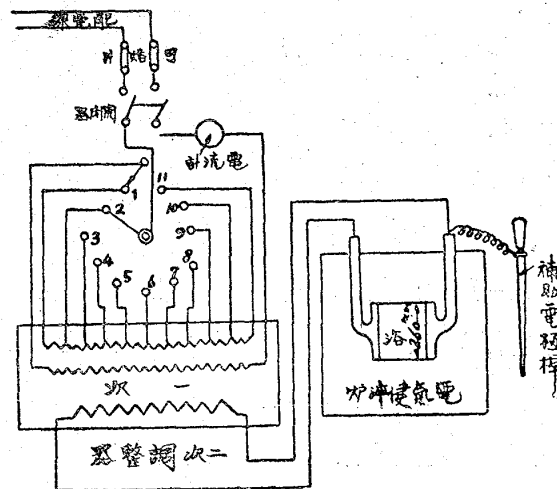
3) 焼入法

區分	豫熱温度 °C	焼入温度 °C	冷却
炭素鋼	250	780	水中冷却直ちに油中冷却
高速度鋼	800	1,250	油中

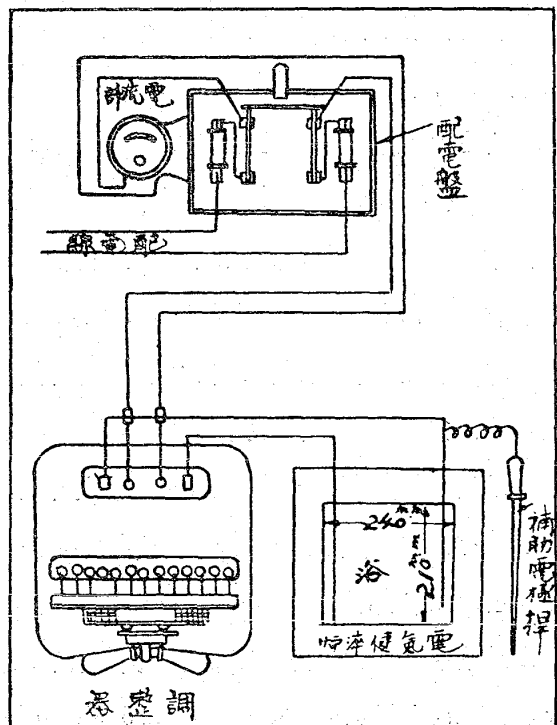
3. 使用電氣爐

米國 G.E. 會社製の R.H.F 型電氣爐にして電氣結線圖及配置圖は次の第 1, 第 2 圖の如し。

第 1 圖 電氣結線圖



第 2 圖 同配置圖



鹽類溶解室の大きさは

深さ	260 mm
縦	210 "
横	240 "

にして電氣抵抗により最低 750°C より最高 1,300°C 迄温度の調節を行ふことを得。

#### 4. 試験の方法

前記試料を各種の鹽浴中にて加熱焼入をなし次の調査を行ひ優劣を判定せり。

##### 1) 鹽浴に就て

- イ、溶解温度
- ロ、溶解時間
- ハ、所要電力
- ニ、鹽浴の流動性
- ホ、鹽浴の減量
- ヘ、鹽類蒸發の有無
- ト、有害瓦斯發生程度
- チ、鹽類凝固の状況
- リ、鹽類使用前乾燥の難易
- ヌ、鹽類被加熱物より離脱の良否
- ル、被加熱物の外觀に及ぼす影響
- ヲ、熱の侵透速度

##### 2) 試料に就て

試料の形状、寸法の變化を知らんが爲焼入後各鹽浴による腐蝕減量を測定し、且實物寫眞を撮影すると共に試料甲(丸棒)に對しては長さ及直徑の變化を、試料乙(外徑 18mm ハンドタップ)に對しては外徑、谷底の徑、角度、ピッチ及有效中徑の變化を測定せり。之が測定のためにはゼネバース會社製顯微測長機(精度 1/10,000 mm)を使用せり。次に金質の變化程度を知らんが爲、焼入後の硬度を測定し、特に試料甲に對しては炭素量を測定し

脱炭の状況を調査すると共に腐蝕寫眞及顯微鏡寫眞を撮影せり。最後に鹽浴と瓦斯爐との經濟的比較を試みたり。

### III. 試験の結果

各種の試験結果に基き工具鋼焼入用鹽浴としては次の種類のを最適と判定せり。

炭素鋼用には  $3KCl + 2BaCl_2$

高速度鋼用には  $7BaCl_2 + 3Na_2B_4C_7$

以下試験の詳細につき記述せん。

#### 1. 炭素鋼用鹽浴

No. 1, No. 2, No. 3, No. 4, No. 6, No. 7, No. 8, No. 9, No. 10, No. 11, No. 12, No. 13 の 12 種に就て試験せり、而して鹽浴の諸性質及試料寸法の變化等は附表第 1 に示す。

イ、溶解温度 檢熱計檢定の爲の金屬熔融装置を用ひ測定せり。最低は No. 12 の 246°C なるも例外なり、No. 7, No. 8, No. 9 は何れも所要焼入温度より高く鹽浴として不適當なり。其他は 540°C—760°C にして、何れも焼入温度より低し。

第 1 表には No. 7, No. 8, No. 9 に就て種々の測定値を掲げあるも何れも焼入温度まで加熱したるのみにて、即ち不完全なる溶解状態に於て測定したるものなれば、單に参考のみに止むることとせり。従て以下記述の内には No. 7, No. 8, No. 9 を除外しあり。

ロ、溶解所要時間(鹽浴量 25 kg) 最も長きは No. 12 の 125 分なるも例外にして一般には 60—80 分なり。

ハ、所要電力(鹽浴 1 kg 當り)

溶解用 最低は No. 10 の 0.56 K.W.H.

にして最高は No. 4 の 0.83 K.W.H.

及び No.12 の 0.82 K.W.H 其他は 0.6—0.7 K.W.H. なり。

作業用 最低は No. 1 の 0.27 K.W.H.

にして最高は No. 12 の 0.64 K.W.H.

其他は 0.3—0.6 K.W.H. なり。

以上を綜合して熔解の難易を比較せば大體に於て次の順位となるべし。No.10, No.13, No.3, No.2, No.1, No.11, No.6, No.4 にして No.12 最も不良なり。

**二、鹽浴の流動性** 熔融状態と被加熱物の表面に附着せる皮膜の状況とにより。流動性を比較するに No.2 及 No.11 最良にして極めて薄き皮膜を附着し No.10 之に次ぐの良成績を示し、No.12 最不良なり。其他は No.10 に次ぐの成績にして甲乙を附し難し。

一般に  $BaCl_2$  多くなるに従ひ流動性不良となり、 $CaCl_2$  多くなるに従ひ良好となる。

**ホ、鹽浴の減量** 1時間當りの減量にして蒸發せし量と被加熱物に附着せし量との和なり。最大なるは No.12 にして No.2 之に次ぐ。No.2 は流動性最良のものなるに減量多きは蒸發量の多きに起因す。最も少きは No.4 にして No.10 之に次ぐ。

**ヘ、鹽類蒸發の有無** No.1, No.4, No.10, No.11 は殆んど蒸發せざるも、No.3, No.6, No.13 は稍蒸發し No.2 は相當蒸發す。No.12 は焼入温度に於て泡立ち鹽浴として適當ならず。

**ト、有害瓦斯發生程度** 炭素鋼の焼入温度に於ては何れも殆んど發生することなし、然れども高温度に於ては發生するもの多く一般に  $BaCl_2$  の量多きに従ひ發生の度甚大となる。

**チ、鹽類凝固の状況** 第1表に示すが如く本項

に關しては特記すべきものなし。

**リ、鹽類使用前の乾燥の難易** 鹽類使用前には之を鐵製函中に入れ炭火にて乾燥したる上使用しあり之が難易を比較するに No.2 は吸水性大にして極めて困難到底鹽浴として使用し能はず。

其他は何れも容易なり。

**ヌ、鹽類被加熱物より離脱の良否** No.12 の極めて不良なると、No.6 の稍不良なるを除き他は何れも良好なり。

**ル、被加熱物の外觀に及ぼす影響** No.6, No.10, No.11 共に外觀極めて美なり、No.1, No.2 之に次ぎ No.3, No.13 は美なるも少々黒味を帶ぶ、No.4 は美ならず、殊に No.12 は極めて悪く成品は甚しく腐蝕せらる。

**ヲ、熱の侵透速度** 直径 18 mm、長さ 90 mm のハンドタップの中心に径 6 mm、深さ 80 mm の孔を穿ち此孔中にサーモカップルを裝入し、瓦斯爐にて 250°C に豫熱したる後 780°C の鹽浴中に浸漬し、中心が 780°C に達する迄の状況を 10 秒毎に測定し附圖第1に示すが如き曲線圖を得たり。最も速度大なるは No.6 の 1 分 10 秒なるも却つて速度大に過ぐる觀あり、他は 2—3 分にして No.10, No.11 は 3 分 30 秒及 3 分 40 秒なり。瓦斯爐は 5 分 40 秒にして長し。

以上記述せる各種鹽浴の性質につき之を總括し比較せば次の如し。

A 級、No.1, No.10, No.11 何れも優秀なり、就中 No.10 は No.1, No.11 に比し鹽浴の減量少く被加熱物の外觀は No.1 より美なるを以て最優秀なり。

B 級、No.3, No.13 A 級に比すれば被加熱物の外觀劣り No.3 は所要電力量大にして

鹽浴の減量多く No. 13 は稍蒸發するの缺點を有す。

C 級、No. 4, No. 6, No. 4 は被加熱物美ならず、且所要電力量甚だ大なり。No. 6 は被加熱物よりの離脱稍と不良にして且稍と蒸發し、所要電力量大なるの缺點を有す。

D 級、No. 2 吸水性甚だしきを以て適當なる鹽浴とは云ひ難きも、吸水性以外の性質良好なるを以て適當なる方法を以てすれば必ずしも使用不可能のものには非ざるべし。

E 級、No. 7, No. 8, No. 9, No. 12 No. 12 は凡ての點に於て不良なるの成績を示し、No. 7, No. 8, No. 9 は熔解溫度が所要焼入溫度より高きを以て共に鹽浴として不適當なり。

フ、各鹽浴の試料甲に及ぼす腐蝕減量及各部寸法の變化 試料甲は徑 18mm、長 40mm の丸棒にして之を 780°C に保持せる各種鹽浴中にて 8 分、15 分、20 分、30 分、40 分、50 分間加熱し試験せり。但し實際の場合に於て供試材料の如き小形ものを長時間加熱することなきを以てこゝにては 8 分間加熱の場合のみを比較すべし、尙瓦斯爐中にて加熱し鹽浴と比較せり。

i. 腐蝕減量、加熱前後の重量差を表面積にて除したる  $g/cm^2$  を以て表せば No. 12 最も減量大にして  $0.0342 g/cm^2$ 、No. 6, No. 10, No. 11 之に次ぎて  $0.006-0.003 g/cm^2$ 、最も少きは No. 1 の  $0.0002 g/cm^2$  にして其他は  $0.001-0.004 g/cm^2$  にして良好なり。

瓦斯爐は木炭粉にて包み加熱せるを以て減量少く  $0.0004 g/cm^2$  なるも加熱時間の延長と共に其量増加す。No. 1 及 No. 2 は加熱時間延長するも其減量の増加甚だ少く成績良好なり。然

れども No. 12 を除けば大體に於て腐蝕減量は何れも少量と見て差支なし。

ii. 長さの變化、No. 1, No. 2, No. 3, No. 4, No. 6 は長さ増加し、No. 10, No. 11, No. 12, No. 13 は縮小す、然れども其量は微小にして最大と雖も No. 13 の  $-0.099 mm$ 、No. 12 の  $-0.093 mm$  にして一般には  $0.03-0.07 mm$  なり。瓦斯爐は  $0.077 mm$  の増加にして大なる方なり。

iii. 中徑の變化、No. 12 のみ中徑減少し然も最大にして  $-0.111 mm$  なり。其他は何れも増大し  $0.03-0.06 mm$  にして最小は No. 10 の  $0.014 mm$  なり。瓦斯爐は  $0.042 mm$  の増大なり。

長さ及び中徑の變化は加熱時間の延長と共に或は増加し或は減少し奇異の觀を呈しあるは加熱時間の増加に従ひ表面腐蝕せられ従て寸法の測定に正確を期し難きを以てなり。

カ、各鹽浴の試料乙に及ぼす腐蝕減量及各部寸法の變化 試料乙は外徑 18mm のハンドタップにして前同様の方法にて試験せり。

i. 腐蝕減量、表面積を測定し得ざるを以て加熱前後の重量差を以て表せば、前同様 No. 12 減量最大にして 2.916 瓦、最小は No. 4 の 0.080 瓦其他は 0.1—0.6 瓦なり。

瓦斯爐は木炭粉にて包み加熱せるを以て減量少く 0.087 瓦なり、No. 1 及 No. 2 は加熱時間増加するも減量の増加少し。

ii. 外徑の變化、No. 12 のみ外徑減少し然も其量は  $0.108 mm$  にして大なり、其他は何れも増大し其量は No. 1 の最大  $0.179 mm$  を除き  $0.02-0.08 mm$  なり。瓦斯爐は  $0.076 mm$  の増大なり。

iii. 谷底の直徑の變化、何れも直徑増大す。No. 12 最大にして  $1.03 mm$ 、其他は  $0.03-0.08$

mmにして最小は No. 13 の 0.003 mm なり。瓦斯爐は 0.026 mm の増加なり。

iv. 角度の變化、No. 11, No. 12, No. 13 は増加し他は減少す。No. 12 の 1.03° 度最大にして No. 6 の 1.01° 之に次ぐ。其他は 0.1—0.4° にして最小は No. 13 の 0.03° なり。瓦斯爐は 0.54° の増加なり。

v. ピッチの變化、No. 6 最大にして 0.098 mm の増大にして No. 1 之に次ぐ、最も變化の少きは No. 4, No. 12 にして 0.002 及 0.003 mm なり、其他は 0.01—0.03 mm なり。瓦斯爐は 0.081 mm の減少なり。

vi. 有效中徑の變化、No. 2 最大にして 0.229 mm の増大、No. 13, No. 1, No. 12 之に次ぐ、最も小なるものは No. 6, No. 10 の 0.01 及 0.011 mm なり。

瓦斯爐は 0.033 mm の増大なり。

以上記述せる各種鹽浴の腐蝕減量及各部寸法の變化につき之を總括し比較せば次の如し。

A 級、No. 4, No. 10, No. 13

B 級、No. 1, No. 3, No. 7, No. 11

C 級、No. 2, No. 6, No. 8 瓦斯爐

D 級、No. 12

ヨ、焼入後の硬度 甲乙兩試料共焼入後の硬度は No. 8, No. 12 を除き ロックウェル (Cスケール) の 70—78 なり。No. 12 は成績頗る不良にして 40—73 に變化しあり、瓦斯爐は 70—72 にして良好なり。

タ、焼入後の炭素量の變化 焼入前の炭素量 1.329% のもの、焼入後の變化の狀況につき試験するため試料を焼入後鑄鐵旋削屑に包み焼鈍し表面より約 1 mm 旋削し、其際生じたる No. 8, No. 11 を

除き比較的脱炭量少く何れも 0.05% 以内にあり。

殊に No. 1, No. 13 最も優秀なり、而して加熱時間延長するも脱炭量の増加は比較的少し。

瓦斯爐は木炭粉に包み加熱せしを以て脱炭量比較的少く 0.013 なり。

#### レ、焼入後に於ける實物、腐蝕及び組織寫眞

##### i. 實物寫眞 (F. 1, 2, 3, 4 参照)

No. 2, No. 6, No. 7, No. 10, No. 11 は何れも外觀美にして No. 1, No. 8 之に次ぐ。

No. 3, No. 4, No. 13 及び瓦斯爐は其外觀比較的美ならず、No. 12 極めて劣等なり。

##### ii. 腐蝕寫眞 (F. 5, 6, 7, 8 参照)

焼入後試料の一端を「べにがら」にて磨き其面を撮影せり。(倍率 100 倍) No. 2, No. 10, No. 11 は加熱時間延長するも比較的等齊に腐蝕せられ、No. 1, No. 3, No. 4, No. 8, No. 13 は前者に次ぐの成績にして No. 12 は最も腐蝕量大なり。

##### iii. 顯微鏡組織寫眞 (F. 10, 11, 12 参照)

5% のピクリン酸にて腐蝕し 300 倍に撮影せり、No. 12 を除き鹽浴の種類に關せず何れもマルテンサイト組織を示し良好なり。

以上金質の變化につき之を總括し比較せば次の如し。

A 級、No. 1, No. 2, No. 6, No. 10

B 級、No. 3, No. 4, No. 6, No. 7, No. 8,  
No. 11, No. 13

C 級、No. 12

ヅ、鹽浴の價格 價格の廉なるものより記載すれば次の如し (kg 當り錢)

No. 6 = 15.0, No. 1 = 18.5, No. 4 = 19.2,

No. 3 = 19.9, No. 7 = 19.9, No. 11 = 20.7,

No. 13 = 20.9, No. 10 = 21.8, No. 2 = 23.9,

No.12=42.0, No.9=53.3, No.8=93.3

ツ、以上各種試験成績を比較し之を總括し順

位を附せば次表の如し。

比較項目	鹽浴番號	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	瓦斯爐
鹽浴の性質		A	D	B	C	C	E	E	E	A	A	E	B	—
腐蝕減量及び各部寸法の變化		B	C	B	A	C	B	C	—	A	B	D	A	C
金質の變化		A	A	B	B	A	B	B	—	A	B	C	B	D
價格		A	B	A	A	A	A	D	C	B	B	C	B	—

以上より結言せば炭素鋼用鹽浴としては No. 10 即ち  $3KCl+2BaCl_2$  最優秀にして No. 1, No. 13, No. 11, No. 3, No. 4, No. 6 之に次ぎ、No. 2, No. 7, No. 8, No. 9, No. 12 は不適當なり。

2. 高速度鋼用鹽浴

炭素鋼よりも焼入温度甚だ高く、 $1,100^{\circ}C$ — $1,500^{\circ}C$  なれば蒸發多く且有害瓦斯發生のため鹽浴の選定には常に困難ある所なり。今回は No. 7, No. 14, No. 15 の 3 種につき試験し、瓦斯爐をも使用し比較せり。其結果は第 2 表に示す。

イ、溶解温度 何れも焼入温度より低く實用上適當なり。

ロ、溶解時間 No. 15 溶解最も困難にして 220 分間を要し實用上適當とは云ひ難し他は稍々困難なるも實用上差支なし。

ハ、所要動力 (鹽浴 1kg 當)

溶解用 比較的少く  $0.57-0.71KW.H.$  なり。

作業用 所要量多く  $0.79-1.00KW.H.$  なり。

ニ、鹽浴の流動性 No. 7, No. 14 良好なるも No. 15 は極めて不良なり。

ホ、鹽浴の減量 正確なる測定困難なりしたため中止せり。

ヘ、鹽類蒸發の有無 No. 7 は蒸發し No. 14 は稍々蒸發するも No. 15 は殆んど蒸發せず。

ト、有害瓦斯發生程度 No. 7 は發生甚しく

No. 14 は稍々發生するも No. 15 は殆んど發生せず。BaCl<sub>2</sub> は高温に於ては有害瓦斯を發生す。

チ、鹽類凝固の状況 測定せず。

リ、鹽類使用前の乾燥の難易 何れも容易なり。但し硼砂は黒鉛坩堝中にて結晶水を除去せり。

ヌ、鹽類被加熱物より離脱の良否 No. 7 は極めて不良なるも No. 14, No. 15 は油中冷却後温水にて洗滌することによりて除去し得。

ル、被加熱物の外觀に及ぼす影響 No. 7 は極めて美ならざるも No. 14, No. 15 は美なり。瓦斯爐使用の場合は脱炭防止のため木炭粉にて包み加熱せしに炭素粉熔着し、且加熱時間の延長に従ひ炭素は反つて滲炭劑として作用し其結果表面一部は遂に多少熔融せらるゝに至れり。従つて外觀を甚しく害するのみならず炭素粉の除去不可能なり。

ワ、熱の侵透速度 附圖第 1 に示すが如く瓦斯爐は No. 14 と同一にして 4 分なり、但し之に用ひたる瓦斯爐は炭素鋼に用ひし爐と異り能率最も良好と稱せざるゝ、アメリカン、カルスフェーネス會社製の最新式のものなり。

ヰ、各鹽浴の試料 甲に及ぼす腐蝕減量及び各部寸法の比較

焼入温度たる  $1,250^{\circ}C$  に保持せる鹽浴中にて 3 分、5 分、8 分、10 分、15 分、20 分間加熱し試験せり。

i. 腐蝕減量、3 分間加熱の場合に於ては No. 14 は  $0.0036 g/cm^2$ 、No. 15 は  $0.0001 g/cm^2$  にして特に No. 15 は微小なり。而して加熱時間の増加に従ひ減量増加するも No. 15 は No. 14 に比して少し。

ii. 長さの變化、No. 14, No. 15 共に比較的小なり。

iii. 中徑の變化、No. 14, No. 15 共に比較的  
小なり。

以上の試験に於て No. 7 及び瓦斯爐によるもの  
は其形狀寸法著しく變化せるを以て測定不可能な  
りき。

**カ、鹽浴 No. 14 の試料之に及ぼす腐蝕減量及び各  
部寸法の比較** (No. 15 は實驗の都合上實施せざり  
き)

腐蝕減量は加熱時間 3 分間にて 1:392 瓦にして  
小なるも時間の増加に従ひ著しく増加す。外徑、  
谷底の中徑、角度、ピッチ有効中徑等は炭素鋼の  
場合に比して其變化大なり。

**コ、焼入後の硬度** No. 14 はロックウェル硬度  
(C スケール) にて 65—69, No. 15 は 66—68 にし  
て相近似しあり。

**ク、焼入後の炭素量の變化** 何れも増加しあり。

之れ加熱中表面の複炭化物は腐蝕せられざるに  
反し、地鉄腐蝕せらるゝ結果表面に於ては全體と  
して炭素量増加の結果となるによるべし。

**ク、焼入後に於ける實物、腐蝕及び組織寫眞**

i. 實物寫眞 (F. 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20  
参照) 寫眞に示すが如く No. 14, No. 15 は成績  
良好なるも No. 7 及び瓦斯爐によるもの極めて  
不良なり。

ii. 腐蝕寫眞 (F. 21, 22, 23, 24 参照)

No. 15, No. 14 は比較的等齊に蝕腐せらるゝも  
No. 7 及び瓦斯爐は良好ならず。

iii. 顯微鏡組織寫眞 (F. 25, 26, 27, 28 参照)  
何れも良好なり。

以上記述せる諸試験の結果を綜合し比較せば次  
の如し。

No. 14 は熔解稍々困難にして鹽類稍々蒸發し且

つ有害瓦斯を發生するの缺點あるも No. 7 及び  
瓦斯爐に比し優秀なり。No. 15 は熔解極めて困難  
にして流動性不良なるの缺點を除けば凡ての點に  
於て No. 14 に優り、殊に作業中不快なる有害瓦斯  
を發生することなく、望ましき鹽類なるも熔解困  
難の點より今日迄の實驗結果に於ては不適當と認  
むる外なく No. 14 即ち  $7 BaCl_2 + 3 Na_2B_4O_7$  を  
比較的優秀のものと判定せり。

然れども No. 15 に就ては其配合を考究し以て  
熔解を容易ならしむると共に熔解爐につき更に研  
究の歩を進め、No. 14 の缺點を補ひ得る鹽浴を考  
案研究するの要あるものと認む。

### 3. 鹽浴と瓦斯爐との經濟的比較

經濟的比較は主として地方的事情に基き異るこ  
と多きを以て明確に何れが經濟上有利なるやは確  
言し能はず即ち、

1. 消耗費として考慮すべきものは初度調辨  
費を別として鹽浴には鹽浴減量、電力費、瓦斯  
爐には瓦斯費、送風機用電力費なるも何れも地  
方によりて其價格を異にするのみならず電力使  
用量、瓦斯使用量、鹽浴並に瓦斯の特性に關す  
ること勿論なるも、其大部分は鹽浴用電氣爐並  
に瓦斯爐夫れ自身の能率に關するものなり、從  
て全般的に消耗費を比較すること困難なり。

2. 作業能率、即ち一定時間中に取扱ひ得る  
數量に就ては、鹽浴を以てせば同時に數個を處  
理し得るを以て有利の如きも、適當の工具等を  
考案せば必ずしも瓦斯爐不利とも云ひ難し。又  
加熱速度は前記同様鹽浴並に瓦斯の特性に關す  
るのみならず爐自身の能率に關すること大なり。  
作業の準備時間も之れと同様の關係にあり。  
然れども大體に於て作業能率より云へば鹽浴を



有利と思考せらる。

以上の如きを以て今茲に全般的に經濟的比較をなし得ざるも、鹽浴を以てする方經濟上有利にして瓦斯爐使用に比し約4%の經費を減少し得べし。

IV. 總括

1. 種々の配合を以てする鹽浴を作り炭素鋼及高速度鋼製の試料の焼入を行ひ、鹽浴の諸性質の焼入試料に及ぼす影響につき試験を実施せり。

2. 炭素鋼の焼入、即ち 800°C 附近の焼入の

ためには  $2KCl+2BaCl_2$  最優秀にして

$7BaCl_2+3NaCl$ ,  $2KCl+3BaCl_2$

之に次ぐの成績を示したり。

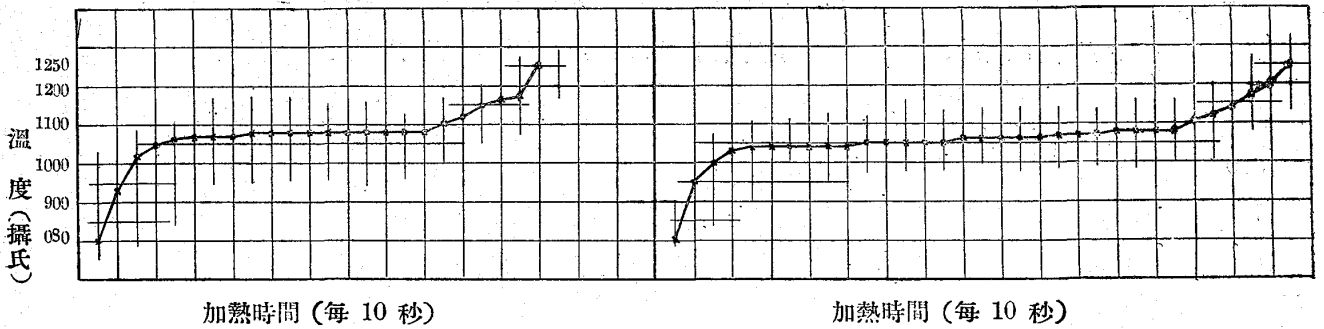
3. 高速度鋼の焼入、即ち 1,100°C 乃至 1,300°C の焼入のためには  $7BaCl_2+3Na_2B_4O_7$  比較的優秀なる成績を示したるも未だ完全なるものとは云ひ難し。

4. 瓦斯爐と鹽浴との經濟的比較を試みたるに鹽浴を以てする方有利なりと判定せり。

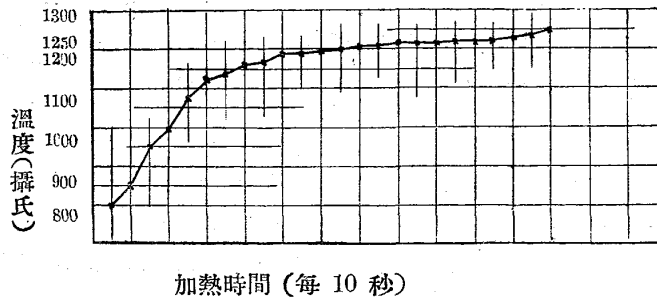
附圖第2圖 熱の侵透速度 (高速度鋼)

鹽浴第14號  
( $7BaCl_2+3Na_2B_4O_7$ )

鹽浴第7號  
( $BaCl_2$ )



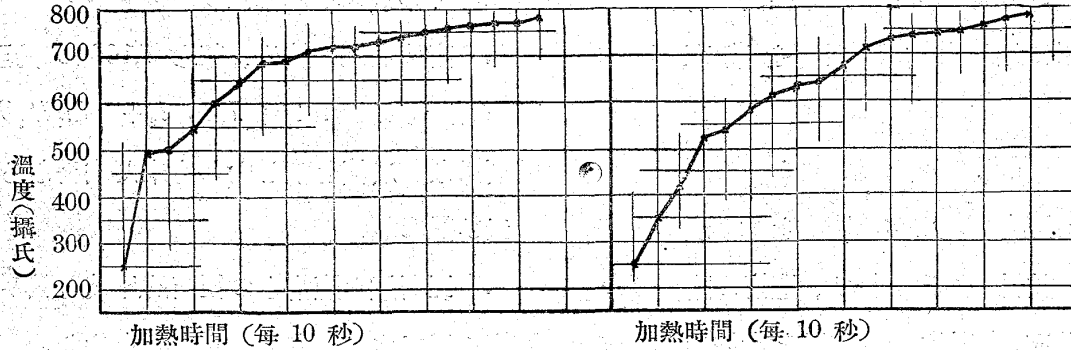
瓦斯爐



附圖第1圖 熱の侵透速度(炭素鋼)

第1號  
(7 BaCl<sub>2</sub> + 3 NaCl)

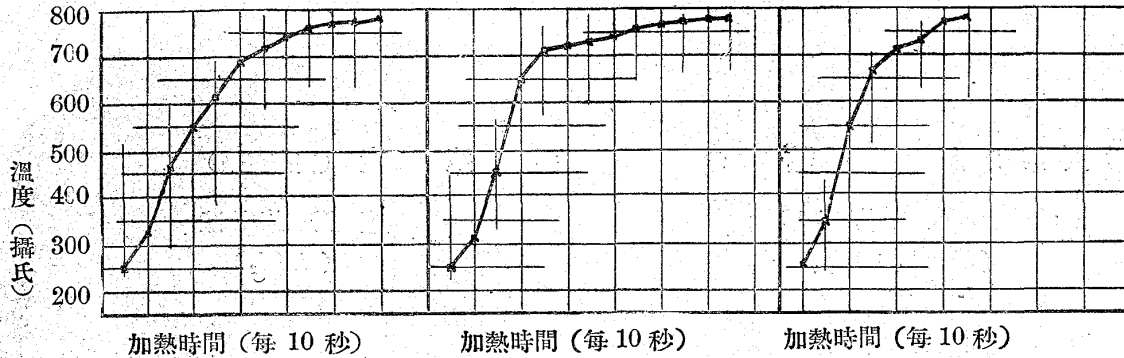
第2號  
(4 BaCl<sub>2</sub> + 6 CaCl<sub>2</sub>)



第3號  
(7 BaCl<sub>2</sub> + 3 KCl)

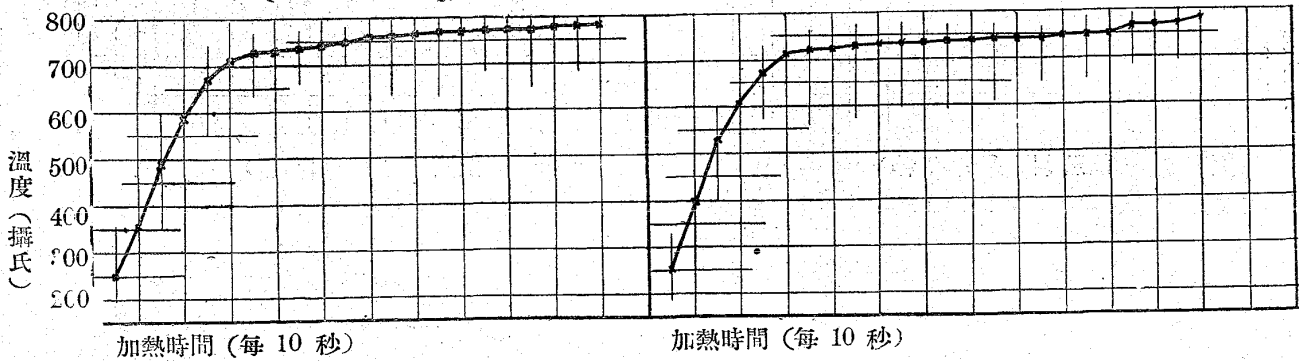
第4號  
(4 NaCl + 6 KCl)

第6號  
(3 BaCl<sub>2</sub> + 7 NaCl)



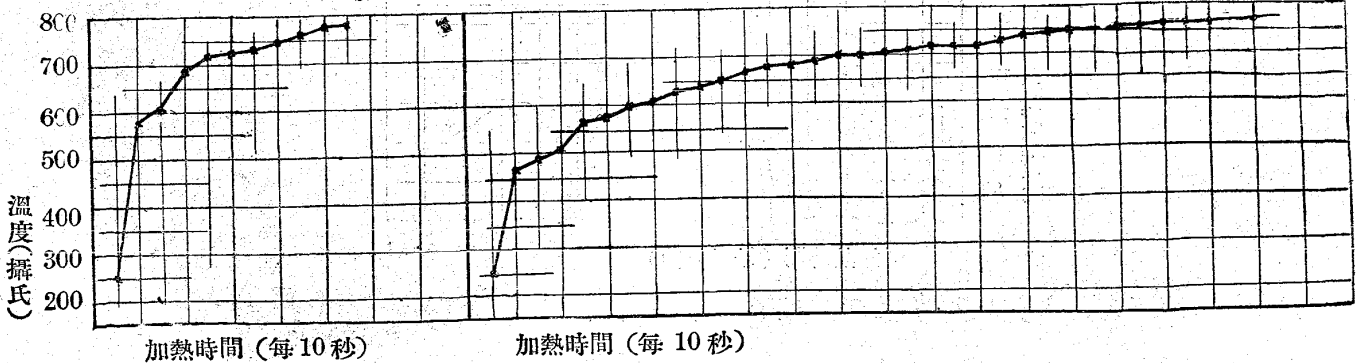
第10號  
(3 KCl + 2 BaCl<sub>2</sub>)

第11號  
(4 BaCl<sub>2</sub> + 3 KCl + 2.5 NaCl + 2 CaCl<sub>2</sub>)



第13號  
(2 KCl + 3 BaCl<sub>2</sub>)

瓦斯爐



附圖寫真圖

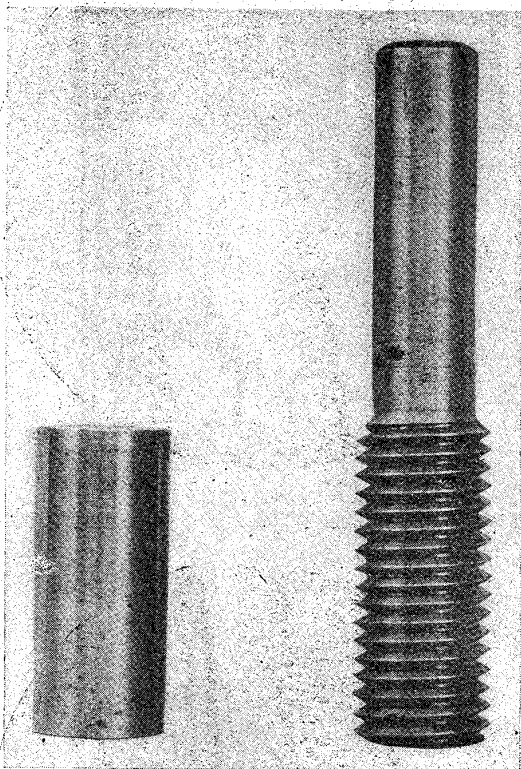
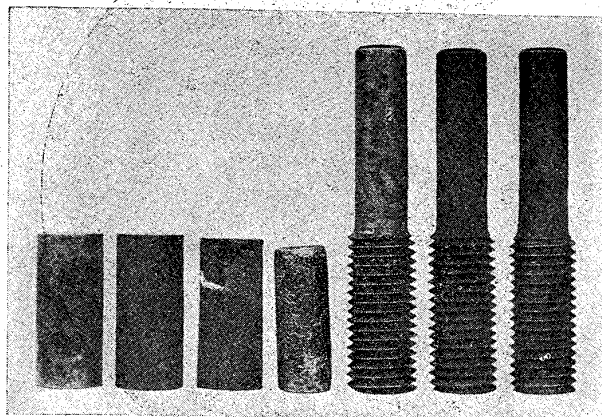


Fig. 1 炭素鋼 1329°C  
焼入せざる試料



20 40 50  
Fig. 4 炭素鋼 1329°C  
鹽浴第 12 號  $\text{NaNO}_3 + \text{KNO}_3$

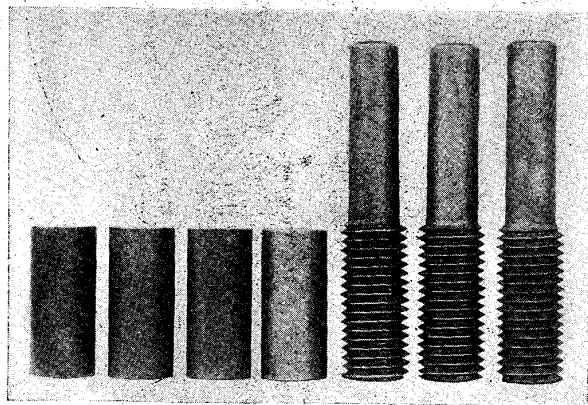
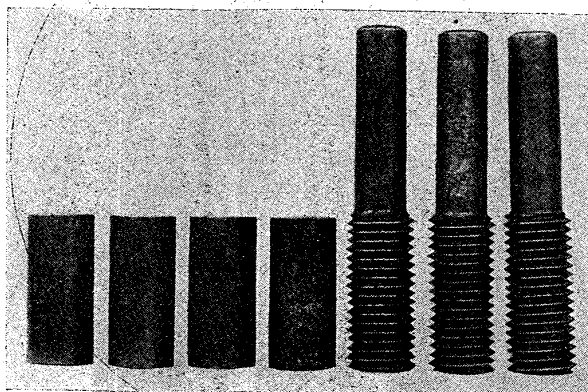


Fig. 2 炭素鋼 1329°C  
鹽浴第 10 號  $3\text{KCl} + 2\text{BaCl}_2$



20 40 50 20 40  
Fig. 3 炭素鋼 1329°C 瓦斯爐

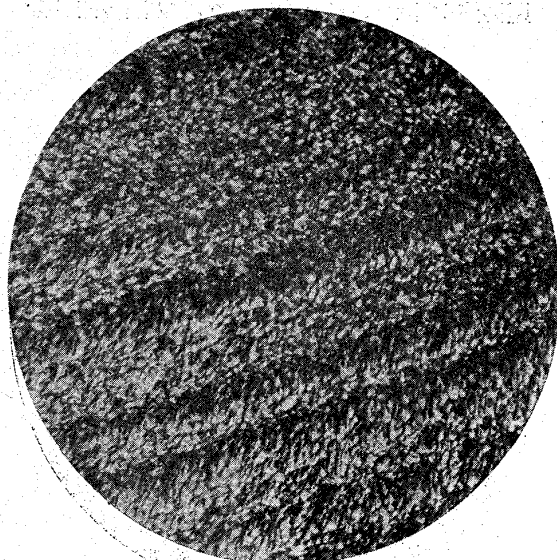


Fig. 5 炭素鋼 132°C  
鹽浴第 10 號  $3\text{KCl} + 2\text{BaCl}_2$  加熱時間 8 分

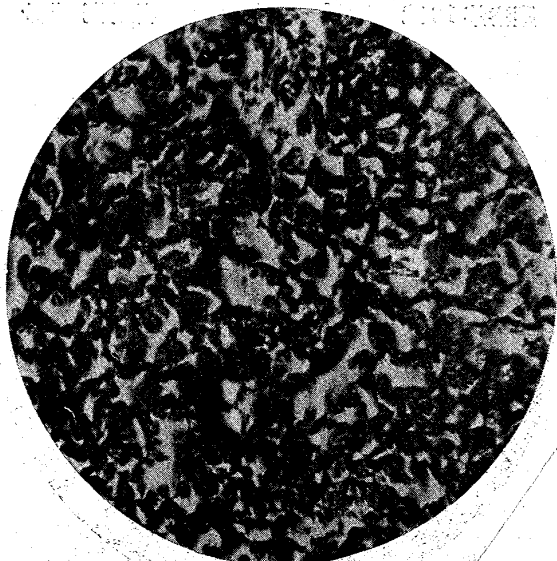


Fig. 6 炭素鋼 132°C  
鹽浴第 10 號  $3\text{KCl} + 2\text{BaCl}_2$  加熱時間 50 分

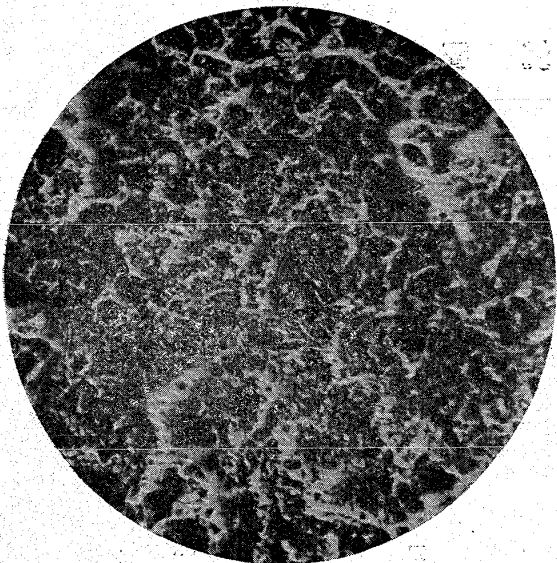


Fig. 7 炭素鋼 1.32%C  
鹽浴第12號  $\text{NaNO}_3 + \text{KNO}_3$  加熱時間 8分

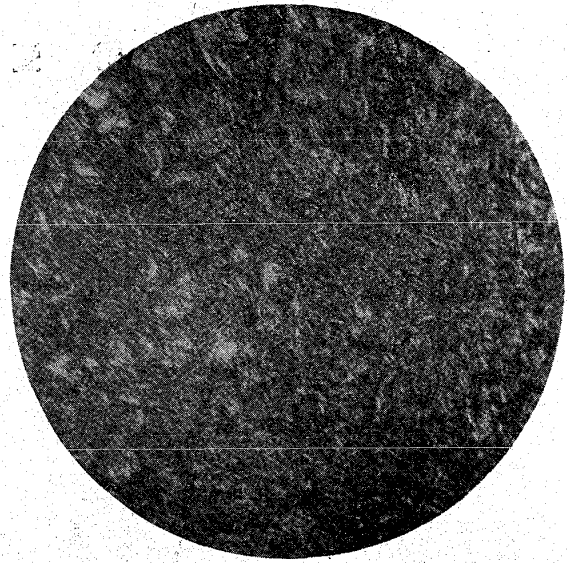


Fig. 10 炭素鋼 1.32%C  
鹽浴第10號  $3\text{KCl} + 2\text{BaCl}_2$  加熱時間 50分

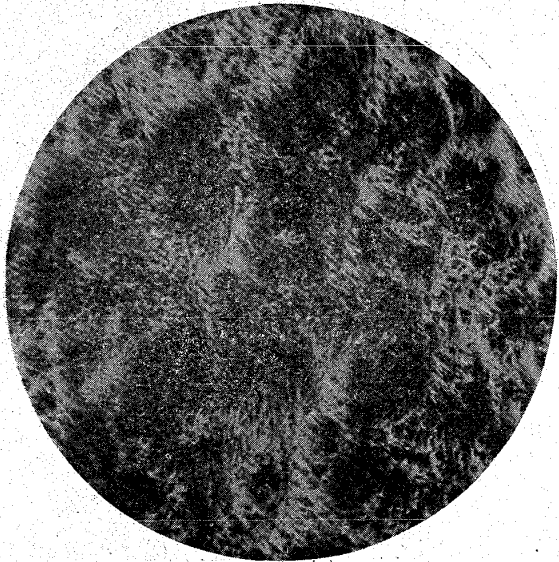


Fig. 8 炭素鋼 1.32%C  
鹽浴第12號  $\text{NaNO}_3 + \text{KNO}_3$  加熱時間 15分

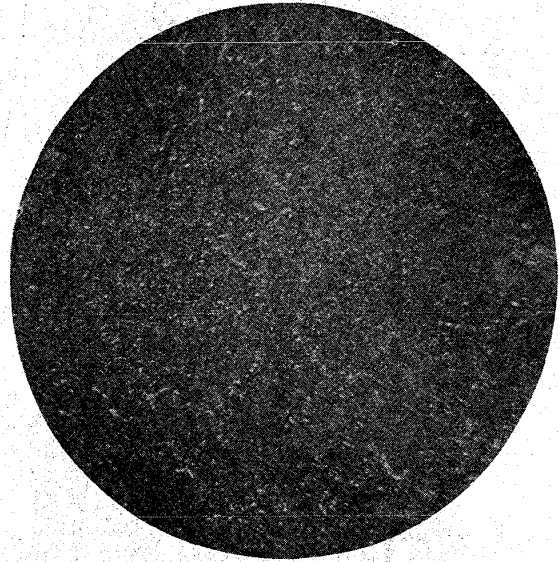


Fig. 11 炭素鋼 1.32%C  
鹽浴第12號  $\text{NaNO}_3 + \text{KNO}_3$  加熱時間 8分

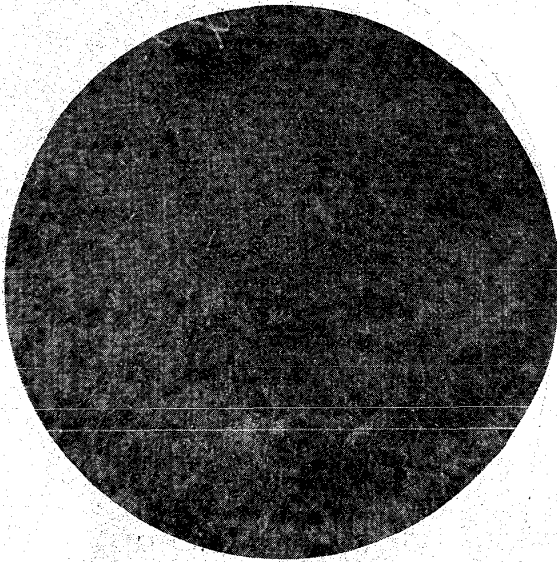


Fig. 9 炭素鋼 1.32%C  
鹽浴第10號  $3\text{KCl} + 2\text{BaCl}_2$  加熱時間 8分

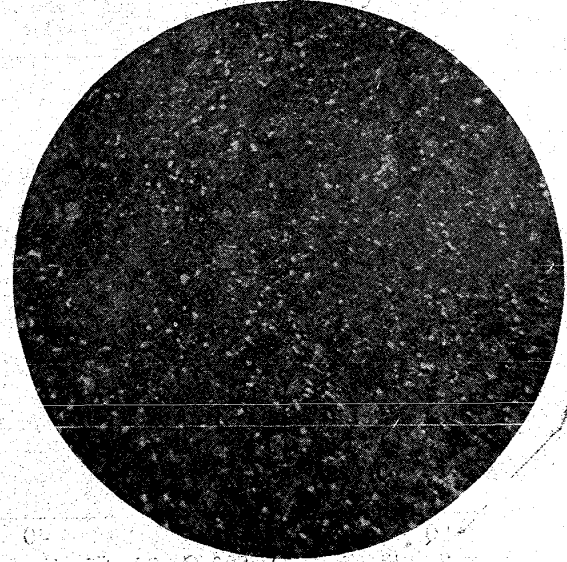
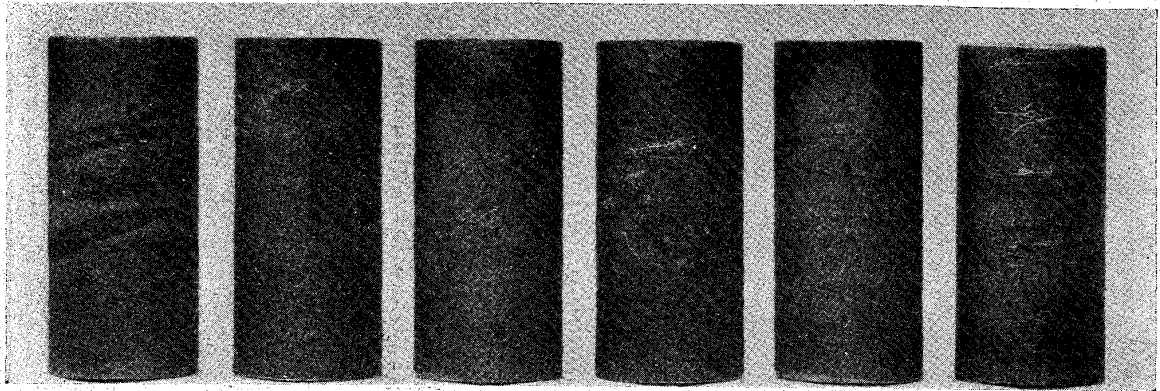
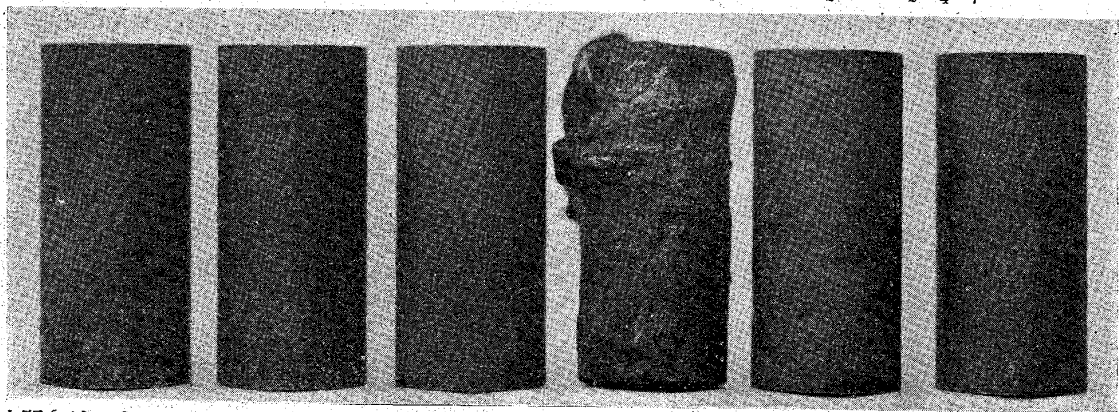


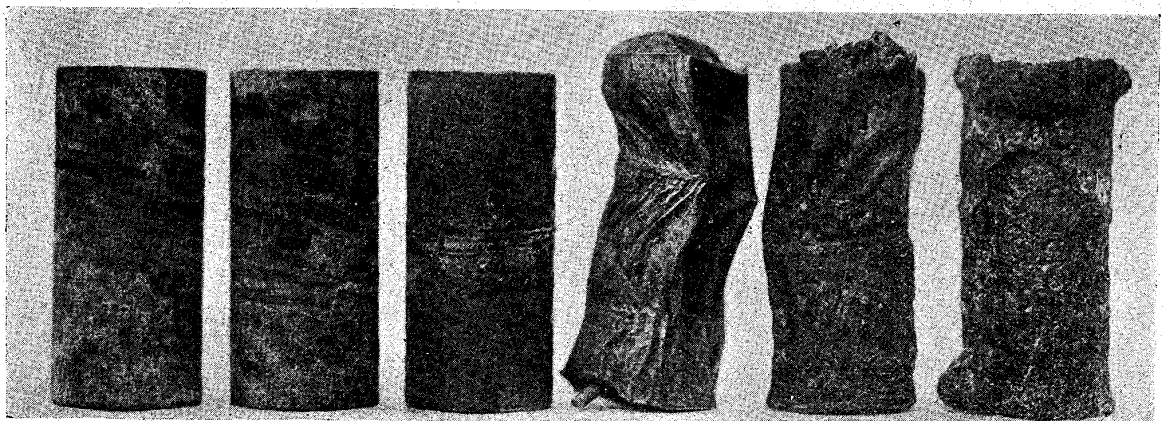
Fig. 12 炭素鋼 1.32%C  
鹽浴第12號  $\text{NaNO}_3 + \text{KNO}_3$  加熱時間 15分



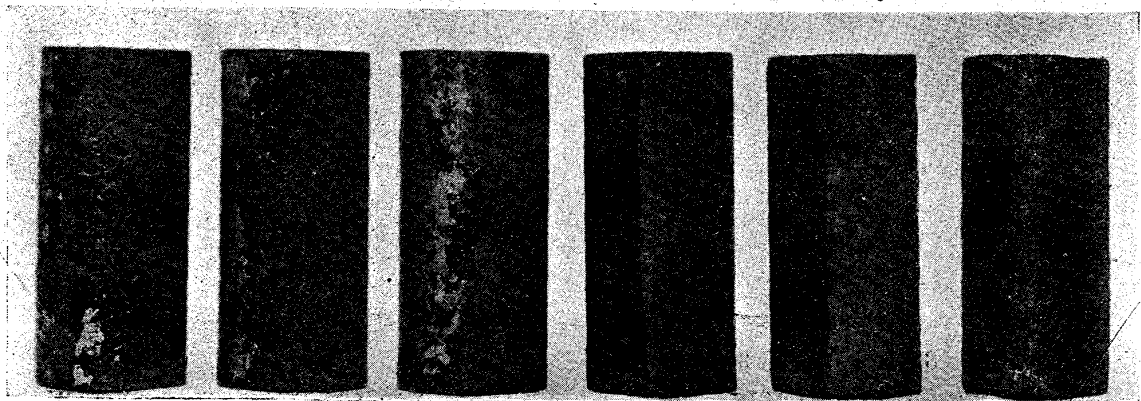
加熱時間(分) 3 5 8 10 15 20  
 Fig. 14 高速度鋼 16.970%W 鹽浴第 14 號  $7\text{BaCl}_2 + 3\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$



加熱時間(分) 3 5 8 (25) 80 10 10  
 Fig. 15 高速度鋼 16.970%W 鹽浴第 15 號  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$   
 2.25 は加熱中爐底に落下し 80 分間加熱せられたるものなり



加熱時間(分) 3 5 8 10 15 20  
 Fig. 16 高速度鋼 16.970W. 鹽浴第 7 號  $\text{BaCl}_2$



加熱時間(分) 3 5 8 10 15 20  
 Fig. 17 高速度鋼 16.970%W. 瓦新爐

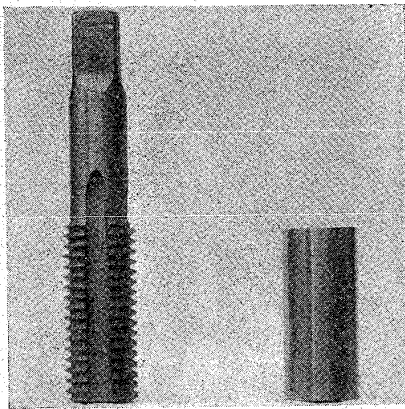
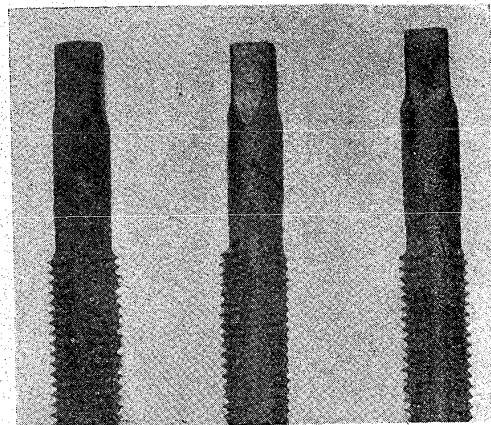
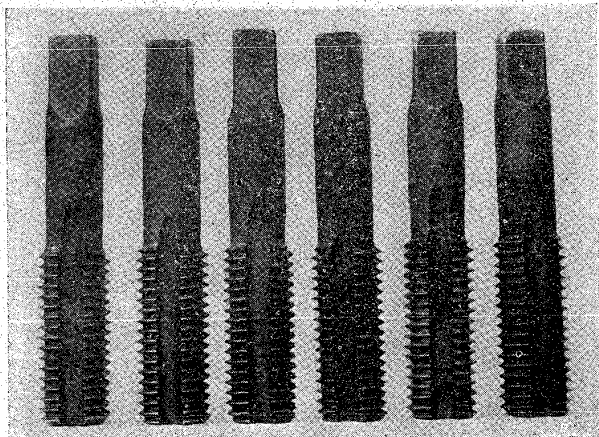


Fig. 13 高速度鋼 16.970%W  
焼入せざる試料



加熱時間(分) 3 10 20  
Fig. 20 高速度鋼 16.970% W 瓦斯爐



加熱時間(分) 3 5 8 10 15 20  
Fig. 18 高速度鋼 16.970%W  
鹽浴第 14 號  $7BaCl_2 + 3Na_2B_4O_7$

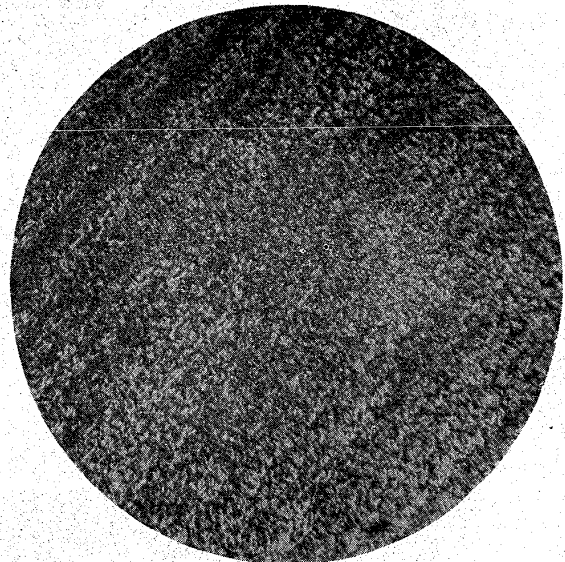
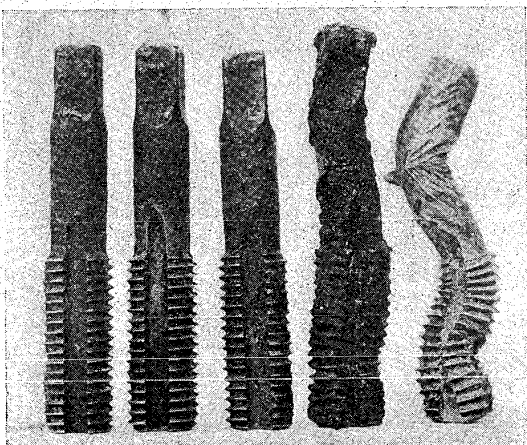


Fig. 21 高速度鋼 16.970% W  
鹽浴第 14 號  $7BaCl_2 + 3Na_2B_4O_7$  加熱時間 3 分



加熱時間(分) 3 5 8 10 20  
Fig. 19 高速度鋼 16.970% W  
鹽浴第 7 號  $BaCl_2$

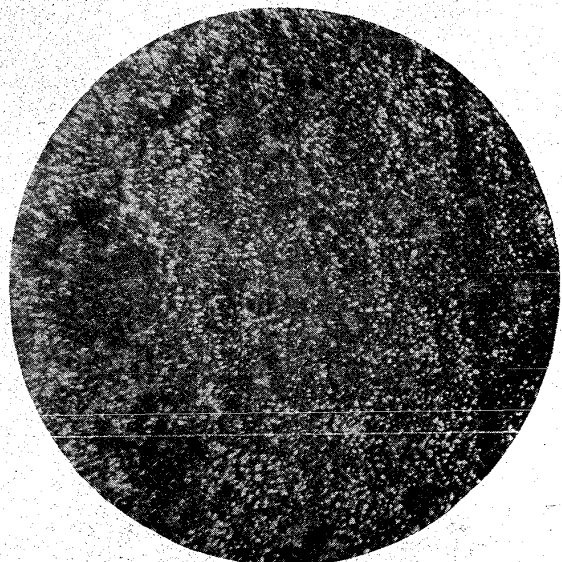


Fig. 22 高速度鋼 16.970% W  
鹽浴第 15 號  $Na_2B_4O_7$  加熱時間

各種鹽浴成績表 (炭素鋼)

表第1

試料番号	区分	熱入前後の重量、寸法の差及熱入後の硬さ	試料甲 (炭素鋼)					試料乙 (炭素鋼)					使用鹽浴の性質																					
			熱入前後の差		熱入後の硬さ HRC エロース ケル	熱入前後の差		熱入後の硬さ HRC エロース ケル	鹽浴番号	組成配合	溶解温度 (°C)	熱入温度 (°C)	溶解時間 (分)	所要電力 (KWH)	熱効率 (%)	鹽浴減量 (%)	鹽浴の汚染	有害な新成物の有無	鹽浴の状況 (温度、時間)	鋼材の表面状態	鋼材の硬さ	鋼材の寸法	鋼材の重量	鋼材の寸法	鋼材の重量	鋼材の寸法	鋼材の重量							
			重量 (gr)	長さ (mm)		重量 (gr)	長さ (mm)																					重量 (gr)	長さ (mm)					
11	11	熱浴第1號	750	8	0.007	0.002	+0.047	+0.033	75	0.275	+0.177	+0.044	-0.13	-0.072	-0.147	76	±0.000	-0.002	780	200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適
11	11	熱浴第1號	750	15	0.074	0.024	+0.034	+0.037	75	0.317	+0.036	+0.027	-0.14	-0.015	-0.196	77			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第1號	750	30	0.133	0.043	+0.002	+0.038	78	0.317	+0.036	+0.027	-0.14	-0.015	-0.196	77			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第1號	750	40	0.134	0.043	+0.027	+0.033	78	0.249	+0.070	+0.033	-0.45	-0.038	-0.030	76			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第1號	750	50	0.137	0.044	-0.018	+0.037	77	0.249	+0.070	+0.033	-0.45	-0.038	-0.030	76			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第1號	750	60	0.132	0.033	+0.025	+0.034	75										200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第2號	750	8	0.064	0.000	+0.036	+0.035	74	0.131	+0.033	+0.033	-0.43	-0.015	+0.229	78			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第2號	750	15	0.055	0.007	+0.032	+0.033	74	0.064	+0.033	+0.033	-0.43	-0.015	+0.229	78			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第2號	750	20	0.055	0.007	+0.028	+0.032	75	0.064	+0.033	+0.033	-0.43	-0.015	+0.229	78			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第2號	750	30	0.072	0.023	+0.020	+0.046	78	0.064	+0.033	+0.033	-0.43	-0.015	+0.229	78			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第2號	750	40	0.055	0.000	+0.035	+0.033	78	0.064	+0.033	+0.033	-0.43	-0.015	+0.229	78			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第2號	750	50	0.055	0.000	+0.031	+0.049	80	0.064	+0.033	+0.033	-0.43	-0.015	+0.229	78			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第3號	750	8	0.110	0.005	+0.035	+0.049	73	0.219	+0.060	+0.066	-0.44	+0.023	-0.113	76			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第3號	750	15	0.127	0.040	+0.034	+0.035	73	0.219	+0.060	+0.066	-0.44	+0.023	-0.113	76			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第3號	750	20	0.137	0.044	+0.038	+0.034	75	0.219	+0.060	+0.066	-0.44	+0.023	-0.113	76			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第3號	750	30	0.135	0.013	+0.037	+0.043	73	0.219	+0.060	+0.066	-0.44	+0.023	-0.113	76			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第3號	750	40	0.135	0.013	+0.037	+0.043	73	0.219	+0.060	+0.066	-0.44	+0.023	-0.113	76			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第3號	750	50	0.135	0.013	+0.037	+0.043	73	0.219	+0.060	+0.066	-0.44	+0.023	-0.113	76			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第3號	750	60	0.135	0.013	+0.037	+0.043	73	0.219	+0.060	+0.066	-0.44	+0.023	-0.113	76			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第4號	750	8	0.100	0.010	+0.034	+0.030	73	0.060	+0.047	+0.034	-0.33	+0.023	-0.013	68			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第4號	750	15	0.108	0.030	+0.041	+0.047	70	0.060	+0.047	+0.034	-0.33	+0.023	-0.013	68			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第4號	750	20	0.115	0.037	+0.030	+0.033	73	0.060	+0.047	+0.034	-0.33	+0.023	-0.013	68			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第4號	750	30	0.123	0.071	+0.033	+0.033	73	0.060	+0.047	+0.034	-0.33	+0.023	-0.013	68			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第4號	750	40	0.147	0.142	+0.036	+0.035	74	0.060	+0.047	+0.034	-0.33	+0.023	-0.013	68			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第4號	750	50	0.148	0.143	+0.030	+0.031	72	0.060	+0.047	+0.034	-0.33	+0.023	-0.013	68			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第5號	750	8	0.134	0.032	+0.048	+0.039	75	0.033	+0.073	+0.033	-1.01	+0.033	+0.010	70			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第5號	750	15	0.138	0.033	+0.037	+0.034	74	0.033	+0.073	+0.033	-1.01	+0.033	+0.010	70			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第5號	750	20	0.138	0.033	+0.037	+0.034	74	0.033	+0.073	+0.033	-1.01	+0.033	+0.010	70			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第5號	750	30	0.138	0.033	+0.037	+0.034	74	0.033	+0.073	+0.033	-1.01	+0.033	+0.010	70			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第5號	750	40	0.138	0.033	+0.037	+0.034	74	0.033	+0.073	+0.033	-1.01	+0.033	+0.010	70			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第5號	750	50	0.138	0.033	+0.037	+0.034	74	0.033	+0.073	+0.033	-1.01	+0.033	+0.010	70			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第5號	750	60	0.138	0.033	+0.037	+0.034	74	0.033	+0.073	+0.033	-1.01	+0.033	+0.010	70			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第6號	750	8	0.100	0.010	+0.034	+0.030	73	0.060	+0.047	+0.034	-0.33	+0.023	-0.013	68			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第6號	750	15	0.108	0.030	+0.041	+0.047	70	0.060	+0.047	+0.034	-0.33	+0.023	-0.013	68			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第6號	750	20	0.115	0.037	+0.030	+0.033	73	0.060	+0.047	+0.034	-0.33	+0.023	-0.013	68			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第6號	750	30	0.123	0.071	+0.033	+0.033	73	0.060	+0.047	+0.034	-0.33	+0.023	-0.013	68			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第6號	750	40	0.147	0.142	+0.036	+0.035	74	0.060	+0.047	+0.034	-0.33	+0.023	-0.013	68			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185	適	
11	11	熱浴第6號	750	50	0.148	0.143	+0.030	+0.031	72	0.060	+0.047	+0.034	-0.33	+0.023	-0.013	68			200°Cの水	75	0.81	0.27	良	27	殆んど	殆んど	650	27	易	良	美	185</		





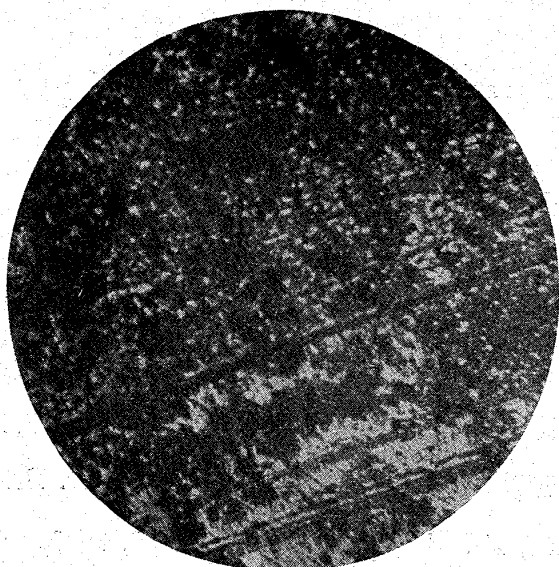


Fig. 23 高速度鋼 16.970% W  
鹽浴第 7 號  $BaCl_2$  加熱時間 3 分

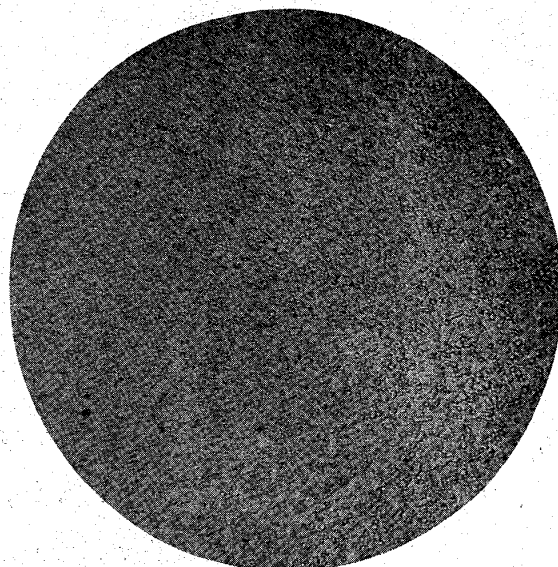


Fig. 26 高速度鋼 16.970% W  
鹽浴第 15 號  $Na_2B_4O_7$  加熱時間

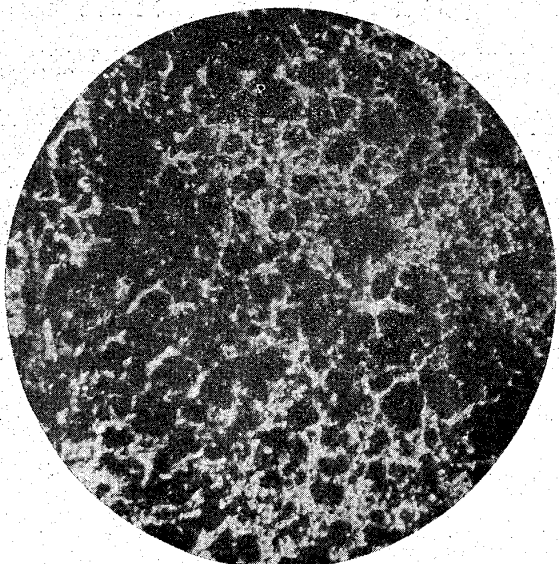


Fig. 24 高速度鋼 16.970% W  
瓦斯爐 加熱時間 3 分

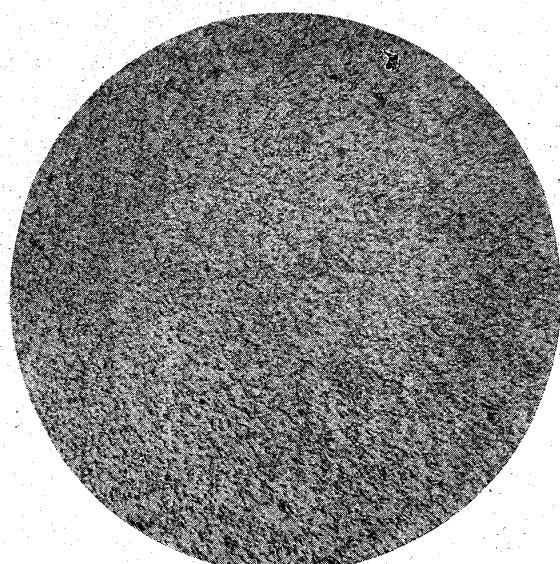


Fig. 27 高速度鋼 16.970% W  
鹽浴第 7 號  $BaCl_2$  加熱時間 3 分

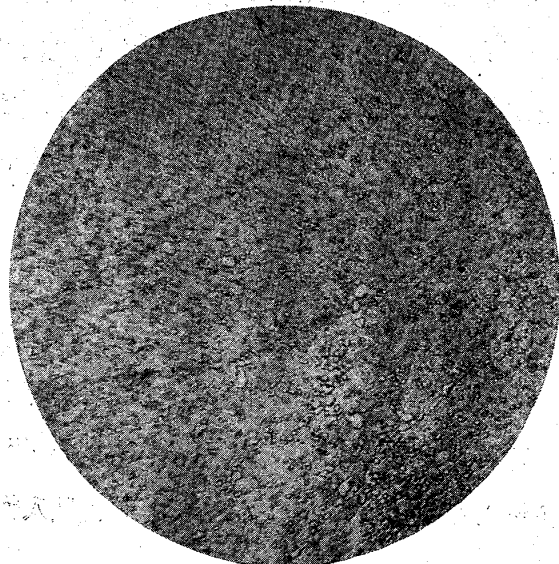


Fig. 25 高速度鋼 16.970% W  
鹽浴第 14 號  $7BaCl_2 + 3Na_2B_4O_7$  加熱時間

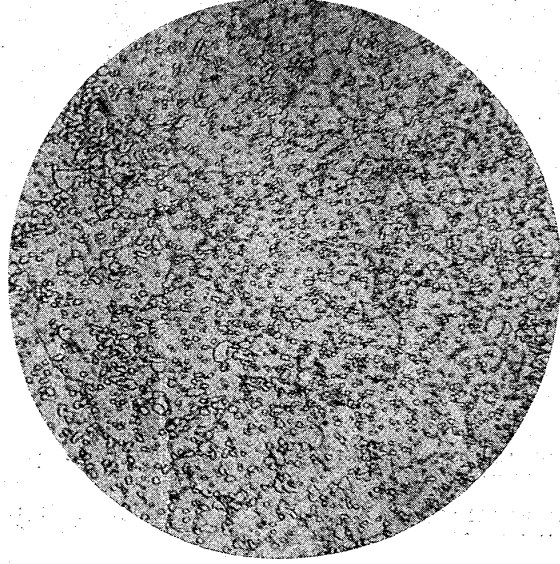


Fig. 28 高速度鋼 16.970% W  
瓦斯爐 加熱時間 3 分