

(4) 3 鑛滓法に於ける第 3 鑛滓に第 1 鑛滓を使用するときは燐分少きバナヂウム鋼を得られる。従て燐分多き海綿鐵には本法を適用するのが最善である。

(5) 砂鐵製バナヂウム鋼は抗張力其他に於て通常鋼に優るは勿論在來のバナヂウム鋼に比しても同等或はそれ以上の優秀性を有して居る。

(6) 顯微鏡組織に於ても砂鐵製バナヂウム鋼の優秀性を確認し得られる。

(7) 本邦砂鐵中にはバナヂウムを必ず含有して居る多いものは 0.4% 少いものは 0.03% 位である。概して東北地方の砂鐵に多い様であり久慈

地方のそれは最高値を示して居る。

本研究は齋藤大吉博士の懇篤なる御指導により成されたものであり、此處に厚く同先生に謝意を表する次第である。又多量の海綿鐵を寄贈せられた久慈製鐵所、川崎車輛會社又砂鐵を寄贈せられた八幡製鐵所、安來製鋼所、東大砂鐵研究室に感謝する。又分析の勞を取られた高須正夫、布村幸治郎兩君の御助力を謝する。

本研究は未だ甚だ不備不完であるが今後大方の御助力御教示を俟ち完成致したく思ひ此處に僭越ながら紙面を汚した次第である。以上

鉄・ニッケル・クロム三元系状態圖

(日本鐵鋼協會 第 5 回講演大會講演)

松 永 陽 之 助

I. 緒 言

鉄・ニッケル・クロム三元系合金は近代の金屬材料として工業上重要な地歩を占めて居るので之に就いての研究は相當多數 1) に上つて居る。それにも拘らず本三元系状態圖の研究は未だ充分でない。是に依つて著者は兩三年前より此の方面の研究に従事して居た、其結果を大體次の様に纏めた。

II. 鉄・クロム二元系

この二元系の状態圖に就いては既に多くの研究

があるが就中最近 P. Oberhoffer 氏 1) の研究に依つて略完成されて居る。第 1 圖は彼の研究に依る状態圖であつて液相線は熱分析に依り固態内の變化は示差熱分析と焼入れした試片に就いての X 線分析に依つて求めたものである。尙圖中點線で示してある磁氣變態點は磁氣分析に依つて求めたものである。この圖に依るとこの二元系は液相に於ては總ての割合に溶解し固相に於ても或溫度及組成範圍に γ 相を生ずる外總ての α 相の固溶體より成る。液相線及固相線は連續曲線を作り最低融點 1,410° クロム 15% に於て合致す、兩者の間隔は相當に大きくクロム 40% 附近に於て最大値

1) Edgar C. Bain and William E. Geriffitho Amer. Inst. of Min and Met. Eng. 75 (1927)
P. Chevenard. Rev. Metal. 24 (1927) 621 697
25(1928), Rosenhain. Iron Steel Inst. Advance Copy (1930).

1) P. Oberhoffer. Stahl u. Eisen 47. (1927) 2020.

80° に達して居る。 A_3 變態はクロム含有量と共に降下しクロム 8% で最低 810° に達した後クロム含有量と共に上昇して居る。 A_3 及 A_4 兩變態點を結ぶ彎曲線は 910° に於て最大クロム量 15% を示して居る。磁氣變態點は 3% まではクロム含有量と共に僅に上昇し後漸次降下して、クロム 75% に於て 0° に達する。尙クロムの熔解温度は 1,615° として居る。

著者は鐵・ニッケル・クロム 三元系状態圖を研究するに先だち順序として先づこの二元系を繰返へして試みた。合金を造るには電解鐵と英國製のテルミットクロムを用ひた、之を熔解するには内徑 18 mm の石英管の一端をアセチレンで熔接したものを用ひ、タンマン爐を以て熔解した。この際酸化を防ぐ爲め上部から水素を通じた、尙合金をして充分均質たらしむる爲めに石英管を以てよく攪拌した。但しクロム 70% 以上のものはマグネシア坩堝を用ひなければ之を熔解することが不可能であつた。

(1) 熱分析 各實驗試料は 20 gr 宛を取り、温度の讀みは白金、白金ロヂウム熱電對とミリボルトメーターを用ひ、5 秒毎に取つた。熱電對は豫め錫(232°)、亞鉛(418°)、銅、1,083°)ニッケル(1,452°)及電解鐵(1,530°)に就いて檢定をしたものである、熱分析の結果を第 1 表に冷曲線を第 2 圖に鐵・クロムの液相線を第 3 圖に示した。之に由て見ると液相線は 20~30% Cr の間に極小點 1,510° を有する連續曲線である。クロムの融點は最近 F. Hoffmann¹⁾ が測定した所に依ると、 $1,800 \pm 10^\circ$ 又は $1,765 \pm 10^\circ$ であるが後者の方が著者の熱分析に依つて求めた液相線の延長上にある故之を採用す

ることとした、尙 80% Cr の融點は後述の三元合金の研究から推定した温度である。

茲に一言附記すべきはこの系合金が冷却の際異常に過冷することであつて、100° 位の過冷をすることも稀らしくない。第 2 圖 14% Cr 及 18% Cr 合金はこの一例であつて過冷著しき時は凝固し初めても其眞の融點まで温度が昇らないに由て眞の融點を知ることは出来ない。前述の P. Oberhoffer の研究に於て其融點が著者の夫れに比して稍低きに失するのは或はこの過冷に基くものではないかと考へられる。

(2) 固態に於ける變態 鐵の A_3 變態點はクロム含有量と共に上昇し A_4 變態點は降下して互に相連なるので、或程度以上のクロムを含むものは變態を起さないが以下のものには之があることは先人の研究に依つて明かである。著者は加熱冷却共に十分に緩慢に行ひ、平衡に近い變態温度を決定し得る方法として熱膨脹測定に由て A_3 變態を求めた、但し A_4 變態に就いてはこの方法を用ひることが出来なかつたので二、三の試料に就いて、熱分析を行ふに止めた。熱膨脹の測定の試料は前述の熱分析の試料と同一方法を以て作りたる試料を鍛鍊した後 1,200~1,250° に 24 時間焼鈍して後徐々に冷却し徑 4 mm、長さ 80 mm に旋盤仕上げしたものである。測定器は當所に普通に用ひる示差熱膨脹計であつて、標準體としてニッケル 80%、クロム 20% の合金を用ひた。加熱並に冷却の速さは毎分 2~3' とした。熱膨脹の結果を第 2 表に其曲線の主なるものを第 4 圖に示す。表中 Ac_3 點は加熱の際異常收縮の始まる温度を、 Ar_3 は冷却の際異常膨脹の始まる温度を取つた、又 Ar_4 は前に述べた様に熱分析に由て之を定めた。第 5 圖は之等

1) F. Hoffmann, Zeit für Metallk. 23 (1931) 31

の結果から得た A_3 及 A_4 變態点を連結したものである、之に由て見れば鐵の A_3 變態はクロム含有量と共に低下し8% Crに於ては837°に達す、更にクロムを加ふれば A_3 變態は再び上昇して A_4 點に連なる。因て固態内に於て變態を起す最大クロム量は17%である。

(3) 磁氣分析 上記の熱膨脹の測定に用ひたる試片を用ひ、當所普通に用ひる磁力計法に依つて磁氣分析を行つた。磁場の強さは約200 Gaussで加熱及冷却の速さは毎分2~3°とした。結果は第3表に示す、第6圖は其曲線の一部である、表中 Ac_2 點は加熱に際して強磁性の消失し終る溫度を採り Ar_2 點は冷却に際して強磁性の復活を始むる溫度を採つた。第7圖は之等の結果を纏めたものである。之に由ると鐵の磁氣變態の溫度は少量のクロムの添加に依つては變りはないが5%以上に於ては急激に降下しクロム80%附近にて常溫になる。

(4) 顯微鏡組織 この系の試片はクロム70%以上のものは腐蝕することが困難であるが濃硫酸又は王水を用ふれば容易に腐蝕することが出来る。更に便利なのは電解腐蝕であつて試片を陽極に結び付けて適當の電解液(例へば10%硫酸)を用ひ4ボルト内外の電壓を用ひると良い、寫眞 No. 7及 No. 25は溶解後爐中冷却した儘の夫々クロム80及40%の鐵・クロム合金に就いての顯微鏡組織であつて唯結晶粒の境界線のみが現はれ樹枝狀組織を認めることは出来ない。これはこの系合金の凝固區間に於ける擴散速度大なるためか又は液相線と固相線が接近せる爲めであつて、熱分析から推定すれば極めて接近して居るものと見做して良い様である。

(5) 結論 鐵・クロム二元系の状態圖として P. Oberhoffer の提出せるものは大體に於て宜しきが其融點は一般に低きに失し、固相線と液相線の開きは大に失する様である。著者は本實驗の線から第8圖を構成した、之に由て見れば鐵・クロム二元系の液相線は鐵の融點1,530°よりクロム融點1,720°に結ばれたる連續曲線であつてクロム25%、1,510°に最低點を持つて居る。固相線は實測することは不可能であつたが液相線と極めて接近して居ると考へられるので、上記の液相線に接近して點線にて示して置いた。鐵の A_4 變態點(1,401°)はクロムの含有量と共に降下する、又 A_3 點(903°)は8%まではクロムの含有量を増すに従て降下し8%に於て837°となり更にクロムを増すときは上昇し18% Cr約950°に於て A_4 點と連なる。鐵の磁氣變態點は790°であるが、クロムを加へると始めは變化がないが10%を越えると急激に降下して80% Cr附近にて常溫以下となる。

III. ニッケル・クロム二元系

著者1) 2) は先年この系の研究をなし第9圖の様な結果を得た、又濱住博士及綿織學士3)も同様な結果を得られた。之に依るとこの系は液相に於ては唯一つの相を作るが固相に於てはニッケルを主成分とする面心立方の固溶體 α とクロムを主成分とする體心立方の固溶體 β との二つの相よりなり両者は51% Cr, 1,445°に於て共晶を作る。 α 固溶體のクロム溶解度は共晶及常溫に於て夫々47及44%で β 固溶體のニッケル溶解度は上述の溫度に就いて夫々37及7%である。第4表は今回更に熱分析せる結果であつて共融溫度が幾分

1) 松永 金屬の研究 6(1929) 207.

2) 關戸、松永 金屬の研究 6(1929) 229.

3) 濱住、綿織 金屬の研究 6(1929) 219.

低く出て居る事とクロムの融點を $1,765^{\circ}$ に選んだ事の外は前研究と良く一致して居る。茲に附記すべき事はこの系に於て β 固溶體の融點が幾分低く現はれることであるがこの系の如く少量のクロム量の變化に依つて其融點が急激に上昇して居るものにあつては初晶析出の初めに於ける發熱量極めて小なる爲め、初晶の析出する溫度を直ちに讀み取ることが出来ぬためである。

IV. 鐵・ニッケル二元系

この二元系の状態圖に就いては多くの研究があるが、先年加瀬博士¹⁾の研究に依つて大成されて居る。第10圖は氏の状態圖であつて、之に依つて明かなる様にこの二元系は液相に於ては唯一つの相を作り、固相に於ては面心立方格子の固溶體 γ と體心立方格子の固溶體 (α 及 δ) よりなり $1,500^{\circ}$ ニッケル 5.5% に於て包晶反應を起す、包晶點に於ける δ のニッケル固溶度は 3% である。A₃ 點はニッケルの含有量と共に降下しニッケル 28% で常溫に達して居る。 α 鐵の常溫に於けるニッケル飽和量は之を決定することが困難であるが 10% 内外である。 α 鐵の磁氣變態點はニッケル約 5% 以上に於ては A₃ 點と重なる。又ニッケルの磁氣變態點は鐵の含有量と共に上昇し 30% Fe 附近に於て最高 (625°) に達し後降下して 71% Fe にして常溫に達して居る。著者も順序としてこの系の熱分析を行つた、試片材料としては電解鐵と電解ニッケルを用ひ石英管中、水素氣中で熔解し白金・白金ロヂウム熱電對とミリボルトメーターを用ひて冷却曲線を求めた。其結果は第5表に示す通りであつて加瀬博士の研究結果と良く一致して居る。

V. 鐵・ニッケルクロム三元系

以上の結果から見るとこの三元系には面心立方格子と體心立方格子との2種の固溶體が存在する。若し三元化合物を生じないものとする之等2種の固溶體以外のものはこの三元系には出現しないのであるから、この系の状態圖は極めて簡單になる。ニッケル・クロム系に於ては共晶點があり又ニッケル鐵系に於ては包晶點があり、鐵・クロム系に於ては液相線が連續曲線であるから、ニッケルクロム系の共晶點がニッケル鐵系の包晶點に連なつて居るものと豫想して第11圖の如く鐵・クロム側に8點を選び之とニッケルを結ぶ、8個の断面に就いて試片を作つた。以下本系に於ける面心立方格子の固溶體を α 又體心立方格子の固溶體を β と呼ぶことにする。

(1) 熱分析 前述の二元系の研究と同一の方法を以て試片を作り熱分析を行つた。第6表は其初晶點を示す、又第12圖は之等の結果から得らるる液相面の等溫曲線である。又第13~22圖は此等熱分析の結果と焼入れ焼鈍し等に依る顯微鏡組織の結果から得た各断面の状態圖である。圖中×印は熱分析の結果を示す、之等の結果から明かなることはニッケル・クロムの共晶點は鐵が加はるに従つて次第に上昇し、同時に共晶組成は次第に鐵・クロム側に移動し 50% Fe 以上に於ては包晶反應に變ず、其包晶溫度は鐵の量と共に上昇して遂にニッケル・鐵系の包晶點に到つて居る。又此等の断面状態圖に見るが如く包晶及共晶範圍は非常に狭いと考へられる。尙鐵・クロム側の液相、固相兩線も極めて接近して居るものと考へられる。第23圖は之等結果を纏めた總合状態圖であつて圖中 PE は上述の通りニッケル・鐵の包晶點とニッケル・クロ

1) 加瀬 金屬の研究 1(1924) 1215.

αの共晶點を結ぶ曲線である、AB及CDはα及β固溶體の包晶又は共晶點に於ける溶解限度ab, cdは常溫に於ける夫れである。PEとAB線はクロム30%、鐵50%附近に於て相交はる。即之以上に鐵分の多いものは包晶反應を起し之より少ないものは共晶反應を起すのである。尙Mn線はニッケルの磁氣變態點であつて磁氣分析に依つて求めたものである。β固溶體の磁氣變態點に就いて未だ充分なる研究を完了して居ないから記載を差控へたが、Ni系(30%Cr+Ni)に就いてクロム27~28%のものは磁性を有するも、Ni系(40%Cr+Ni)にてはクロム38%のものには磁性がないのを見ると或程度以上のクロムを含む鐵クロム合金は少量のニッケルを加ふるも其磁氣變態點は常溫以下となるものゝ様である。

(2) 顯微鏡組織 熱分析に用ひたる試料に就いて10%硫酸を用ひて電解腐蝕法に依つて顯微鏡組織を検した。A, B, C, D, E, F, G, H 断面に於てNi-Cr系に近いものはNi-Cr系にNi-Fe系に近いものはNi-Fe系に近い組織を示した。例へばNi-Cr系に近いものは爐中冷却の儘では樹枝狀組織が著しい、殊にCrの多いものに著しい又焼鈍せるものに就いてはクロム側のβ固溶體よりα固溶體の析出が著しい、又Ni-Fe系に近いものは爐中に冷却せるものに就いても包晶組織は見られない、又常溫に於けるα固溶體及β固溶體の範圍を定めることが出来難い。以下各系に就いて爐中冷却したものと水素氣中1,200~1,250°に24時間焼鈍して後700°迄緩冷し其溫度に更に12時間置いて後爐中冷却したものを作り其組織を検した。尙最後に種々の溫度に於て焼入れせるものに就いて其組織を検した。第 表は爐中冷却せ

るもの及焼鈍せるものに就いての結果を纏めたものである。

a. 爐中冷却せるもの A系(80%Cr, 20%Fe合金+Ni) この系に屬するものはNi-Cr系に極めて近い組織を示して居る。ニッケル50%以上のものはα固溶體のみよりなり、之よりもニッケルが少くなるとα相の境界に少量のβ固溶體が出て來る。(寫眞 No.1. 47.5% Ni) 更にニッケルが少くなると共晶組織が現はれる。(寫眞 No.2. 41.25% Ni) 更にニッケルが少くなるとβの初晶が出て來る。(寫眞 No.3. 40% Ni) 更にニッケルが少いものは初晶βの樹枝狀組織著しく然かも冷却の途中溶解度の變化に従つてα晶を析出す、又β初晶の境界には共晶として析出した、少量のαが見える(寫眞 No.4. 31.25% Ni) 更にニッケルが少なくなると共晶として析出した、αはなくなり、寫眞 No.5. 25% Niに見る様にβ相より析出した多量のα相が存在する。(寫眞 No.5. 25% Ni) ニッケルが更に少くなると樹枝狀組織が著しくなるが(寫眞 No.6. 12.5% Ni) 更にニッケルが少くなつてFe-Cr合金に近くなると再び樹枝狀組織は見えなくなる(寫眞 No.7. 0% Ni)

B系(60%Cr, 40%Fe合金+Ni) この系に於てニッケル38.3%以上のものはα固溶體のみである。(寫眞 No.8. 38.3% Ni) 之よりもニッケルが少くなるとα相の境界に少量のβ固溶體が出て來る(寫眞 No.9. 36.7% Ni) ニッケル33.4%のものは大體共晶組織を示す。(寫眞 No.10. 33.4% Ni) 更にニッケルが少くなるとβ相の初晶が出て來る。其量はニッケルの量に逆比例する。(寫眞 No.11. 31.7% Ni, 寫眞 No.12. 30% Ni) 更にニッケルが少くなつて來ると、共晶として析出したα相

はなくなり冷却の途中、溶解度の變化に従つて析出した α が β の地に出て来る。(寫眞 No.13. 25% Ni) この α 相の量はニッケルの量と共に減じ Fe-Cr 系に近くなるとなくなる。(寫眞 No.14. 20% Ni, 寫眞 No.15. 11.7% Ni)

C 系 (50% Cr 50% Fe 合金+Ni) ニッケル 30% 以上のものは α 固溶體のみよりなる。(寫眞 No. 16. 30% Ni) ニッケル 26% のものは β 固溶體が初晶に出て居る。(寫眞 No.17. 26% Ni) 之から見ると C 系の共晶點は 30% Ni と 26% との間にあることが明かである。更にニッケルが少くなると共晶として析出した α 相はなくなり、 β 相から溶解度の變化に従つて析出した α 相が見へる。(寫眞 No.18. 20% Ni) ニッケルが更に少いものは β のみよりなる(寫眞 No.19. 14% Ni)。

D 系 (40% Cr 60% Fe+Ni) ニッケル 27.5% 以上のものは α 固溶體のみよりなる(寫眞 No.20 27.5% Ni) ニッケル 25% のものは α 相の境界に少量の β 相が出て来る(寫眞 No.21. 25% Ni) 更にニッケルの少いものは初晶に β 相を生じこの β 相からは更に溶解度の變化に従つて α 相を析出して居る。又一部の α 相は共晶として β 相の初晶の間を充たして居る。(寫眞 No.22. 20% Ni) 更にニッケルの少いものは共晶としての α 相はなくなる上に β 相から溶解度に従つて析出する α 相の量も次第に少くなり Fe-Cr 系合金に近くなると遂になくなる(寫眞 No.23. 10% Ni, 寫眞 No. 24. 7.5% Ni, 寫眞 No.25. 0% Ni)。

E 系 (30% Cr 70% Fe+Ni) ニッケル 16.5% のものは α 相の境界に少量の β 相が出て来る。(寫眞 No.26. 16.5% Ni) 更にニッケルが少くなると、初晶として β 相が現はれ β 相からは更に溶解度

の變化に従つて α 相が析出する β 相の初晶の間は共晶として析出した α 相が充たして居る。(寫眞 No.27. 13.2% Ni) 更にニッケルが少くなると共晶として析出した α 相はなくなり、初晶 β と之から溶解度の變化に従つて析出した α 相のみとなる。(寫眞 No.28. 10% Ni) 更にニッケルが少くなると、この α 相の量は次第に少くなり Fe-Cr 系合金に近くなるとなくなる。

F 系 (20% Cr 80% Fe+Ni) ニッケル 10% 以上は α 固溶體のみよりなり、之以下は α 相の外に β 相が共存する。(寫眞 No.29. 7.5% Ni) 更にニッケルが少くなつて 5% 以下となると β 相のみとなる。

G 系及 H 系は今回熱分析に用ひたる試料に就いては總て只一つの相よりなり居るが如く見へて α 相 β 相共存の範圍等は之を見るを得なかつた。

b. 焼鈍せるもの よく焼鈍せるものは固相内に於ける溶解度の變化に依つて、爐中冷却せるものと多少趣を異にして居る。

A 系 (80% Cr 20% Fe 合金+Ni) ニッケル 50% 以上のものは α 固溶體のみである(寫眞 No. 30. 50% Ni) 之よりもニッケルが少いものは高温に於ては α 相のみとなるが常温では溶解度の變化に従つて β 相を析出する(寫眞 No.31. 47.5% Ni) 更にニッケルの少いものは初晶又は共晶として出た α 相と β 相からなり各相とも溶解度の變化に従つて互に他の相を析出して居る。(寫眞 No.33. 43.75% Ni, 寫眞 No.33. 37.5% Ni) 更にニッケルの少ないものは高温では β 相のみよりなり、之から溶解度の變化に従つて析出した α 相が見える。(寫眞 No.34. 25% Ni) 更にニッケルが少くなつて Fe-Cr 系合金に近くなると β 相のみより

なる可き筈なるが 12.5% Ni のものは β 相の外に之から析出した α 相が見える(寫眞 No.35. 12.5% Ni)

B 系 (60% Cr. 40% Fe+Ni) ニッケル 38.3% 以上は α 固溶體のみよりなる。(寫眞 No.36. 38.3% Ni) 之以下になると α 相の境界に β 相が出て来る。(寫眞 No.37. 36.7% Ni) 更にニッケルが少くなると α 相は次第に其量を減じ反對に β 相は次第に其量を増す、この場合 β 相から溶解度の變化に従つて析出した α 相が見える。(寫眞 No.38. 30% Ni, 寫眞 No.39. 25% Ni) 更にニッケルが少いものは高温度では β 相のみよりなり、 α 相は冷却の途中 β 相から析出したものゝみとなる。(寫眞 No.40. 20% Ni) β 相から析出した α 相の量はニッケルの量と共に減じ 5% Ni では殆んどなくなる。(寫眞 No.41. 11.7% Ni, 寫眞 No.42. 5% Ni) Fe Cr 系合金は勿論 β 相のみである。(寫眞 No. 43 0% Ni)

C 系 (40% Cr 60% Fe+Ni) ニッケル 34% 以上のものは α 固溶體のみからなつて居る。(寫眞 No. 44. 34% Ni) 之よりもニッケルが少くなると α 相の境界に β 相が出て来る。(寫眞 No.45. 30% Ni) ニッケルが少くなると α 相は次第に少くなり、反對に β 相は次第に増しニッケル 20% より少ないものは高温度に於ては β 相のみからなり α 相は溶解度の變化に依つて β 相から析出したものゝみからなつて居ることを明かとなる、この α 相はニッケルの量と共に減じ Fe Cr 系合金に近くなるとなくなる。(寫眞 No.46. 10% Ni, 寫眞 No. 47 6% Ni)

D 系 (40% Cr 60% Fe+Ni) この系に於てニッケル 25% 以上のものは α 固溶體のみよりなる。

(寫眞 No.48. 25% Ni) 之よりもニッケルが少くなると、 α 相の外に β 相が出て来る。(寫眞 No.49. 20% Ni) ニッケルが 50% になると β 相と共存する α 相は溶解度に従つて β 相から析出したものゝみとなる。(寫眞 No.50. 12.5% Ni) β 相から析出する α 相はニッケルの量と共に減少して Fe Cr 系合金に近くなるとなくなる。(寫眞 No.51. 10% Ni, 寫眞 No.52. 5% Ni, 寫眞 No.53. 0% Ni)

E 系 (30% Cr 70% Fe+Ni) この系に於てニッケル 16.5% 以上のものは α 固溶體のみよりなる、更にニッケルが多くなると α 相の境界に少量の β 相が出て来る (寫眞 No.54. 16.5% Ni, 寫眞 No. 55. 13.2% Ni) 更にニッケルの量が少くなると β 相の量は次第に増し、反對に α 相の量は次第に少くなる。(寫眞 No.56. 6.5% Ni, 寫眞 No.57. 3% Ni) Fe Cr 系合金に近くなると β 相のみとなる。

F 系 (20% Cr 80% Fe+Ni) この系に於てニッケル 10% 以上のものは α 相のみからなつて居る。(寫眞 No.58. 10% Ni) ニッケルが之以下になると β 相が出て来る。(寫眞 No.59. 7.5% Ni) 更にニッケルが少くなると β 相は次第に増へて Fe Cr 系合金に近くなると β 相のみとなる。(寫眞 No.60. 5% Ni, 寫眞 No.61. 0% Ni)

G 系 (10% Cr 90% Fe+Ni) この系に於てニッケル 25% 以上のものは α 固溶體のみからなつて居るが 20% 以下のものは α 相から β 相に一部又は全部が變態する。この場合變態が α 相の劈開面に従つて起るので、兩相が共存して居るのか或は β 1 相であるのかは組織のみからは認定が難しいが 20~10% Ni のものは大體同じ組織に見えるから兩者が共存して居るのであらふ。(寫眞 No.62. 20% Ni, 寫眞 No.63. 10% Ni) Fe Cr 系合金は

β 相のみである。(寫眞 No.64, 0% Ni)

H系(5% Cr, 95% Fe+Ni) ニッケル 30% 以上は α 固溶體のみよりなる、以下のものは劈開面に添ふて β 固溶體が出て来る。(寫眞 No.65, 30% Ni, 寫眞 No.66, 20% Ni) ニッケルが更に少ないものは β 相のみとなる。

本節の終りに一言附記して置き度い事は G 及 H 系の組織には低温度に於て大なる變化があるから特に 230° に 24 時間再焼鈍したものに就いて檢したことである。

○ 焼入れに依る組織の變化 前に掲げた断面の状態圖に於て固相内の變化は焼入れに依る組織の變化に依つたものである。焼入れに用ひた試料は前述の焼鈍組織を檢したものであつて、之を所定の温度に適當の時間を置いて後 0°C の水中に焼入れしたものを作り、之に就いて其組織を檢したのである。加熱には 1,100°C 以下には電熱線爐を以上にはタンマン爐を用ひ酸化を防ぐ爲めに水素を通じた。第 25 表は焼入れに伴ふ組織の變化を示したもので焼鈍したものに就いての組織をも併記した。

3. 磁氣分析 前記の焼鈍した試片を約 200 ガウスの磁場に入れてマグネットメーターの振れに依つて常温に於ける磁性の有無を檢した、試料の大きさは約徑 10mm, 長さ 15~20mm のものである。第 24 圖は其結果であつて圖中×印は常温に於て、磁性を有するもの、◎印は常温に於て無磁性なるものである。

扱て熱分析に用ひた試料は量も少ない上に形が不正で鍛鍊も困難なものがあつて、適當の形にすることが出来なかつたので著者は更に高周波電氣爐を用ひ眞空中で各々、500 瓦の試料を作つた坩

埚としてはアルミナを内面に塗つた黒鉛坩埚を用ひ、電解鐵、電解ニッケル及英國製のテルミットクロムを原料とした。之を徑 7mm まで高温度で鍛鍊して後徑 4mm, 長さ 80mm の試片を旋盤にて作り之を水素氣中で 1,200° に 12 時間焼鈍して後、爐中冷却し更に 700° に 12 時間置いて後、爐中冷却したものに就いて磁力計法に依つて磁氣分析を行つた。磁場の強さは約 200 ガウス、加熱には白金爐を用ひ温度の測定には、白金-白金ロヂウム熱電對とミリボルトメーターを用ひた。加熱及冷却の速さは毎分約 2° であつた。又試片の酸化を防止する爲めに總て眞空中で加熱した。

試験結果 磁氣分析の結果は第 25 表に又其曲線の一部は第 25 圖に示す、之に依ると α 固溶體の範圍のものは其磁氣變態點が加熱及冷却に依つて殊んど變化がなく其一の曲線を示すが β 相から α 相に移る組成範圍のもの、磁氣變態點は不可逆的である。第 26 圖は組成と磁氣變態點との關係を示したものである。

4. 結論 著者は熱分析と顯微鏡組織と磁氣分析に依つて、鐵・ニッケル・クロム三元系合金の状態圖を構成し次の諸點を明かにした。

(1) 鐵・ニッケル・クロム系合金には面心立方格子型 α 固溶體と體心立方格子型 β 固溶體があつて其外の相はない。

(2) ニッケル・クロム系合金の共晶點は鐵の含量を増すに従て漸次上昇して 52% Fe 以上にては包晶反應を起し、鐵・ニッケル系合金の包晶點に連絡する。

(3) α 固溶體の組成範圍は高温に於ても常温に於ても廣いが β 固溶體の組成範圍は常温に於ては比較的狭く温度に依る變化が一般に著しい。

(4) 本系合金の強磁性を有する組成範囲はニッケル・クロム二元系では狭いが之に鐵が加はると次第に廣くなり、鐵 30% 附近では 18% Cr まで常溫に於て磁性がある。鐵・クロム系合金にニッケルが加はると其磁氣變態點は急激に降下する。

著者はこの系に就いて硬度、電氣的並に磁氣的性質に就いての研究を完了して居るから引き續いて之等の結果を發表することにする。

終りに本研究に就いて直接指導御鞭撻を賜はりたる、本多、村上兩教授に感謝する又實驗に就いて直接助力を下された、工學士村瀬鐵造氏に感謝する。

第 1 表 Fe-Cr 系 熱 分 析

試料番 號	配合量		融點 °C	過冷 度 °C
	Cr(%)	Fe(%)		
電解鐵	0	100	1,530	0
No. 2	2	98	1,522	15
" 5	5	95	1,517	23
" 8	8	92	1,515	4
" 10	10	90	1,515	0
" 12	12	88	1,506	18
" 14	14	86	1,511	0
			1,497	48
			1,507	22
No. 16	16	84	1,506	4
" 18	18	82	1,504	40
" 20	20	80	1,480	70
" 30	30	70	1,495	95
" 40	40	60	1,507	4
" 50	50	50	1,516	0
" 60	60	40	1,537	0
" 80(1)	80	20	1,570	0
クロム(2)	100	0	1,660	
			1,765	

(1) 鐵・ニッケル・クロム三元系熱分析結果より推定す。

(2) Hoffmann に依る。

第 2 表 Fe-Cr 系 熱 膨 脹

試料番 號	配合量		Ac ₃		Ar ₃		Ar ₄ 溫度 °C
	Cr(%)	Fe(%)	溫度 °C	範圍	溫度 °C	範圍	
電解鐵	0	100	905	22	905	20	1,400
No. 2	2	98	881	20	881	18	1,356
" 4	4	96	856	20	856	20	1,318
" 6	6	94	842	22	842	20	
" 8	8	92	837	22	837	20	
" 10	10	90	840				
" 12	12	88	846	20	778		
" 14	14	86	861	20			
" 16	16	84	876	25	798		
" 18	18	82	944(?)				
" 20	20	80	なし		なし		
" 45	45	55	なし		なし		

第 3 表 Fe-Cr 系 磁 氣 分 析

試料番 號	配合量		Ac ₂ °C	Ar ₂ °C
	Cr(%)	Fe(%)		
電解鐵	0	0	790	790
No. 2	2	98	790	785
" 4	4	96	782	777
" 6	6	94	772	768
" 8	8	92	762	755
" 10	10	90	755	752
" 12	12	88	745	740
" 18	18	82	700	694
" 20	20	80	691	691
" 45	45	55	453	441
" 60	60	40	264	256

第 4 表 Ni-Cr 系 熱 分 析

試料番 號	配合量		初晶點 °C	共晶 點 °C	過冷 度 °C
	Ni(%)	Cr(%)			
電解ニッケル	100	0	1,452		
Ni Cr 12	90	10	1,430		
" 20	80	20	1,406		
" 30	70	30	1,384		12
" 42	58	42	1,356		
" 45	55	45	1,348		
" 48	52	48	1,343		
" 50	50	50	1,337		4
" 52	48	52	1,348	1,335	
" 55	45	55	1,380	1,380	
クロム(1)	0	100	1,765		

(1) Hoffmann に依る。

第 5 表 Fe-Ni 系 熱 分 析

試料番 號	配合量		初晶點 °C	過冷 度 °C
	Fe(%)	Ni(%)		
電解ニッケル	0	100	1,452	1
Fe Ni 10	10	90	1,442	30
" 20	20	80	1,437	7
" 30	30	70	1,433	4
" 40	40	60	1,433	3
" 50	50	50	1,439	5
" 60	60	40	1,450	
" 70	70	30	1,456	
" 80	80	20	1,480	
" 90	92	10	1,488	
" 92	92	8	1,506	25
" 94	94	6	1,511	
" 96	96	4	1,518	
" 98	98	2	1,520	7
電 解 鐵	100	0	1,530	5

Fe-Ni 系					補助試料					
ニッケル	0	0	100	1,452	1	試料番號	配合量			
Fe Ni	10	0	10	90	1,442		30	Cr(%)	Fe(%)	Ni(%)
"	20	0	20	80	1,437	7				
"	30	0	30	70	1,433	4	A 80	80	20	0
"	40	0	40	60	1,433	3	B 42	42	28	30
"	50	0	50	50	1,439	5	" 53	53	35.3	11.7
"	60	0	60	40	1,450		C 33	33	33	34
"	70	0	70	30	1,456		D 38	38	57	5
"	80	0	80	20	1,480		H 4.5	4.5	85.5	10
"	90	0	90	10	1,488	25	" 5	5	95	0
"	92	0	92	8	1,506					
"	94	0	94	6	1,511					
"	96	0	96	4	1,518					
"	98	0	98	2	1,520	7				
鐵	0	100	0	1,530	5					

第 7 表 Fe・Ni・Cr 系 組織

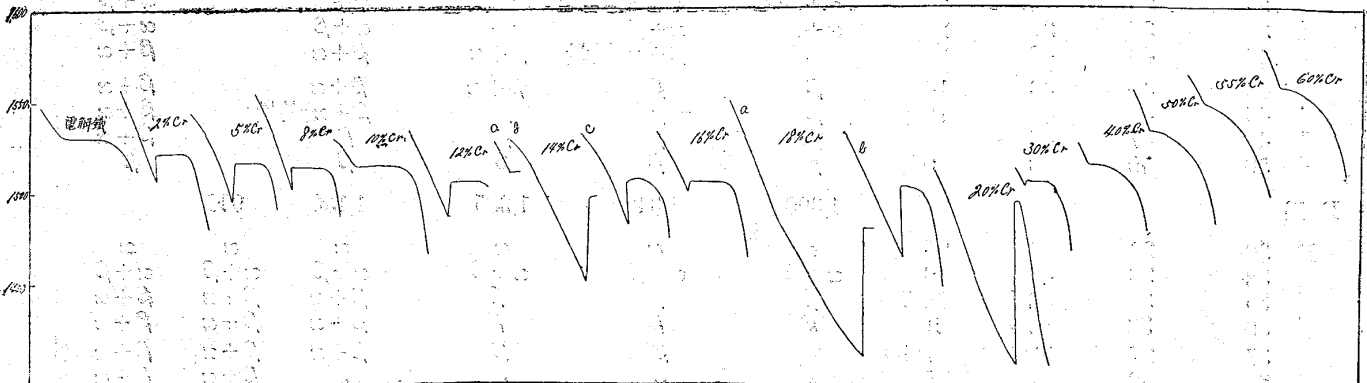
試料番號	配合量			焼入温度 (°C)				焼鈍
	Cr(%)	Fe(%)	Ni(%)	1,340	1,285	1,175		
A 系								
A 40	40	10	50	α	α	α		α
" 42	42	10.5	47.5	α	α+β(微量)	α+β		α+β
" 45	45	11.25	43.75	α+β(微量)	α+β	α+β		α+β
" 47	47	11.75	41.25	α+β	α+β	α+β		α+β
" 50	50	12.5	37.5	α+β	α+β	α+β		α+β
" 55	55	13.75	31.25	α+β	α+β	α+β		α+β
" 60	60	15	25	β	β	β+α		β+α
" 65	65	16.25	18.75	β	β	β+α(微量)		β+α
" 70	70	17.5	12.5	β	β	β		β+α
" 80	80	20	0	β	β	β		β
B 系								
B 37	37	24.7	38.3	α	α	α	1,175	α
" 38	38	25.3	36.7	α	α	α+β	1,175	α+β
" 39	39	26	35	α+β	α+β	α+β	1,175	α+β
" 40	40	26.6	33.4	α+β	α+β	α+β	1,175	α+β
" 42	42	28	30	α+β	α+β	α+β	1,175	α+β
" 45	45	30	25	α+β	α+β	α+β	1,175	α+β
" 48	48	32	20	β	β+α(微量)	β+α	1,175	β+α
" 50	50	33.3	16.7	β	β	β+α(微量)	1,175	β+α
" 53	53	35.3	11.7	β	β	β	1,175	β+α
" 55	55	36.7	8.3	β	β	β	1,175	β
" 57	57	38	5	β	β	β	1,175	β
" 60	60	40	0	β	β	β	1,175	β
C 系								
C 33	33	33	34	α	α	α	900	α
" 35	35	35	30	α+β(微量)	α+β	α+β	900	α+β
" 37	37	37	26	α+β	α+β	α+β	900	α+β
" 40	40	40	20	β	β+α(微量)	β+α	900	β+α
" 43	43	43	14	β	β	β+α	900	β+α
" 45	45	45	10	β	β	β	900	β+α
" 47	47	47	6	β	β	β	900	β+α
" 50	50	50	0	β	β	β	900	β
D 系								
D 30	30	45	25	α	α	α	1,130	α
" 32	32	48	20	α+β	α+β	α+β	1,130	α+β
" 35	35	52.5	12.5	β	β	β	990	β+α
" 36	36	54	10	β	β	β	990	β+α
" 37	37	55.5	7.5	β	β	β	990	β+α
" 38	38	57	5	β	β	β	990	β+α
" 40	40	60	0	β	β	β	990	β

系	成分	25	26	27	28	29	30	1,400	1,300	1,100	900	相
E系	E	25	26	27	28	29	30	$\alpha+\beta$	α	α	α	α
	"	26	27	28	29	30	0	$\alpha+\beta$	$\alpha+\beta$	$\alpha+\beta$	$\alpha+\beta$	$\beta+\alpha$
	"	27	28	29	30	0	0	β	$\beta+\alpha$	$\beta+\alpha$	$\beta+\alpha$	$\beta+\alpha$
	"	28	29	30	0	0	0	β	β	β	β	β
	"	29	30	0	0	0	0	β	β	β	β	β
	"	30	0	0	0	0	0	β	β	β	β	β
F系	F	17.5	18	18.5	19	19.5	20	α	α	α	α	α
	"	18	18.5	19	19.5	20	0	$\alpha+\beta$	$\alpha+\beta$	α	α	α
	"	18.5	19	19.5	20	0	0	β	$\beta+\alpha$	$\beta+\alpha$	$\beta+\alpha$	$\beta+\alpha$
	"	19	19.5	20	0	0	0	β	β	β	β	β
	"	19.5	20	0	0	0	0	β	β	β	β	β
	"	20	0	0	0	0	0	β	β	β	β	β
G系	G	8	8.5	9	9.5	10	0	β	β	β	β	β
	"	8.5	9	9.5	10	0	0	β	β	β	β	β
	"	9	9.5	10	0	0	0	β	β	β	β	β
	"	9.5	10	0	0	0	0	β	β	β	β	β
	"	10	0	0	0	0	0	α	α	α	α	α
H系	H	3.5	4	4.5	5	0	0	β	β	β	β	β
	"	4	4.5	5	0	0	0	β	β	β	β	β
	"	4.5	5	0	0	0	0	β	β	β	β	β
	"	5	0	0	0	0	0	α	α	α	α	α
	"	5	0	0	0	0	0	α	α	α	α	α

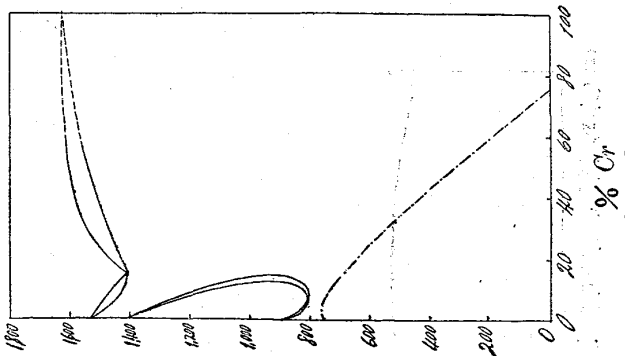
第8表 Fe-Ni-Cr系磁氣分析

試料番號	配合量			磁氣變態點(°C)		試料番號	配合量			磁氣變態點(°C)	
	Cr(%)	Fe(%)	Ni(%)	加熱	冷却		Cr(%)	Fe(%)	Ni(%)	加熱	冷却
ニッケル	0	0	100	365	360	0555	5	55	40	305	300
Fe Ni 10	0	10	90	485	480	0565	5	65	30	88	75
" 20	0	20	80	575	570	0575	5	75	20	578	120
" 30	0	30	70	609	605	0585	5	85	10	637	385
" 40	0	40	60	594	588	1010	10	10	80	100	90
" 50	0	50	50	510	507	1020	10	20	70	240	236
" 60	0	60	40	351	345	1030	10	30	60	295	290
" 70	0	70	30	82	78	1040	10	40	50	233	280
" 80	0	80	20	611	253	1050	10	50	40	170	168
" 90	0	90	10	710	540	1080	10	80	10	663	281
鐵	0	100	0	790	790	1090	10	90	0	755	752
0240	2	40	58	531	530	1515	15	15	70	65	69
0260	2	60	38	308	300	1525	15	25	60	115	110
0515	5	15	80	395	377	1535	15	35	50	114	110
0525	5	25	70	460	455	1545	15	45	40	55	50
C530	5	30	65	480	475	1575	15	75	10	625	
0535	5	35	60	485	480	1585	15	85	0	780	780
0540	5	40	55	469	465	2080	20	80	0	691	691
0545	5	45	50	420	410						

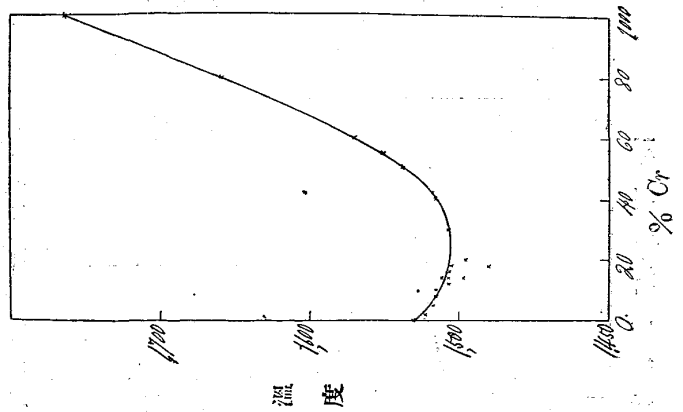
第 2 圖



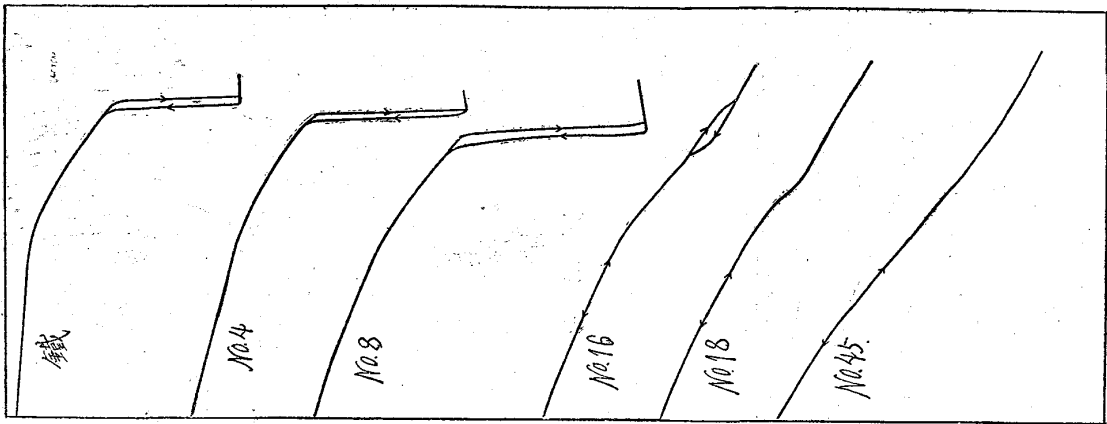
第 1 圖 Fe-Cr 状態圖
(Oberhoffer)



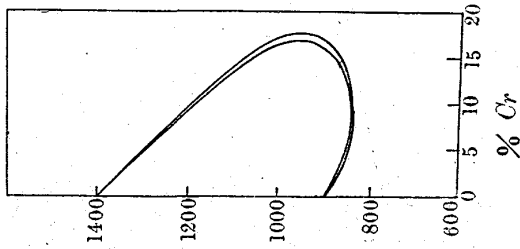
第 3 圖



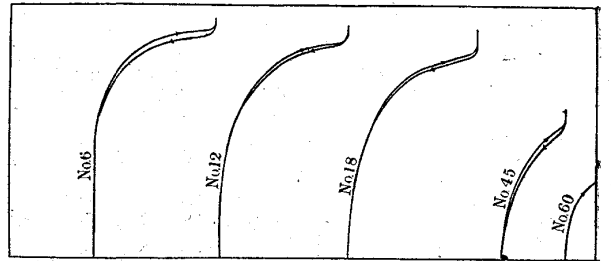
第 4 圖



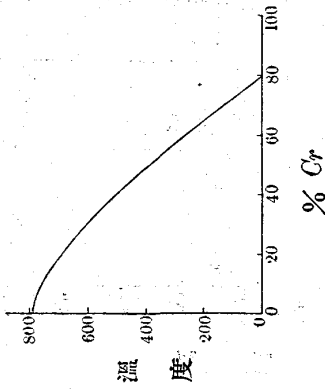
第 5 圖



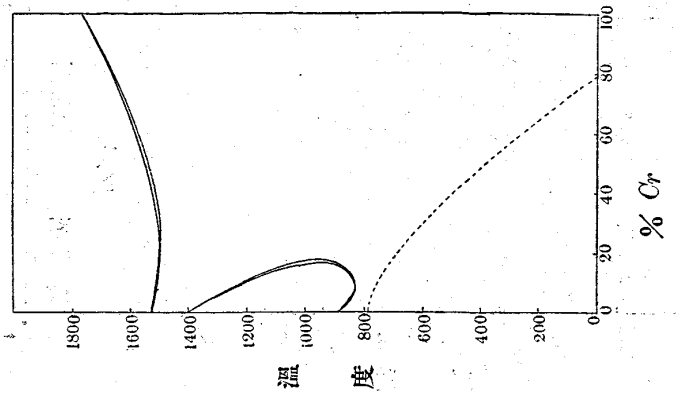
第 6 圖



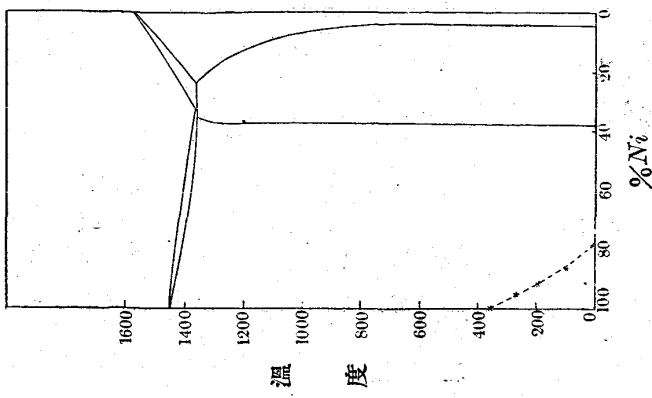
第 7 圖



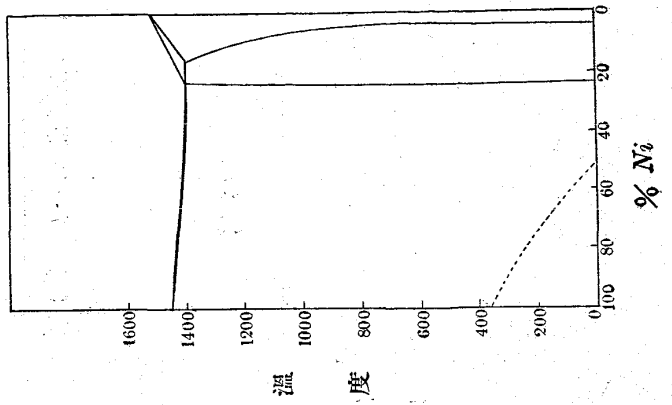
第 8 圖 Fe-Cr 状態圖



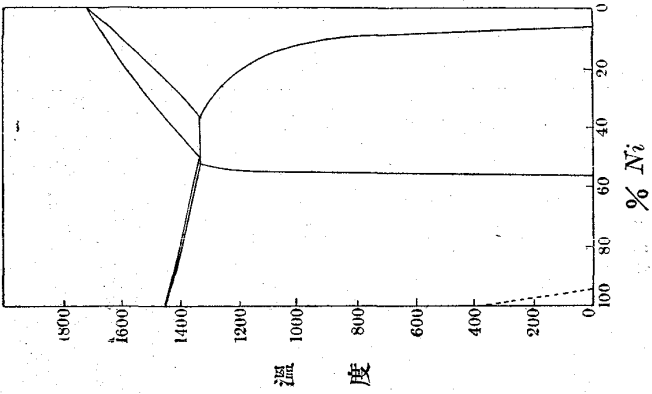
第15圖 B系狀態圖



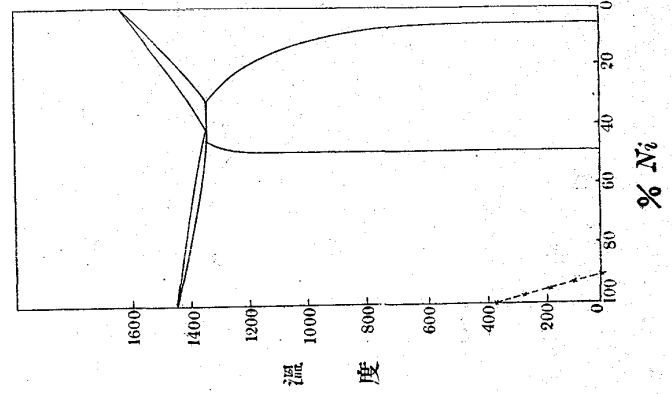
第16圖 C系狀態圖



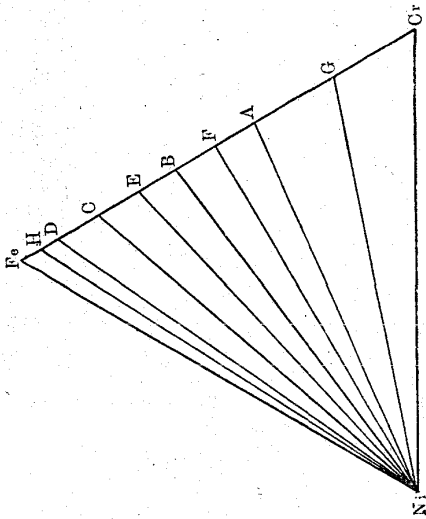
第13圖 Ni-Cr系狀態圖



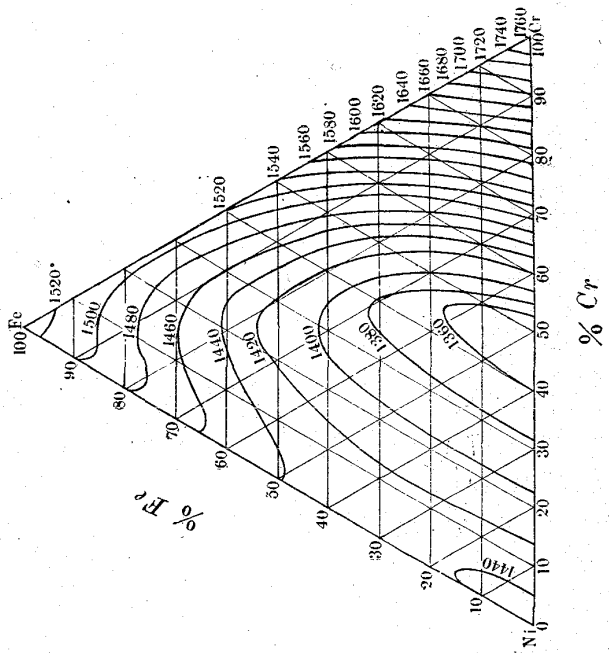
第14圖 A系狀態圖



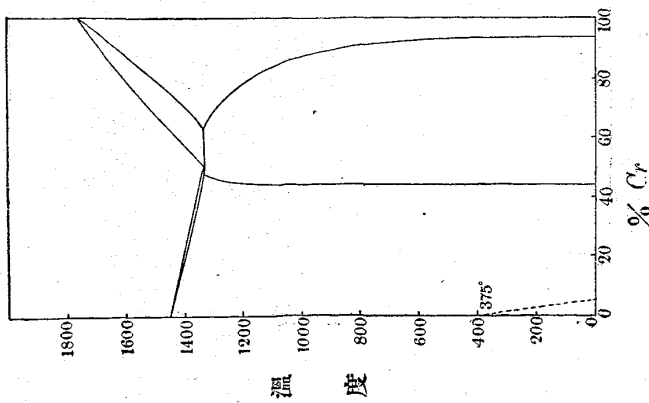
第11圖



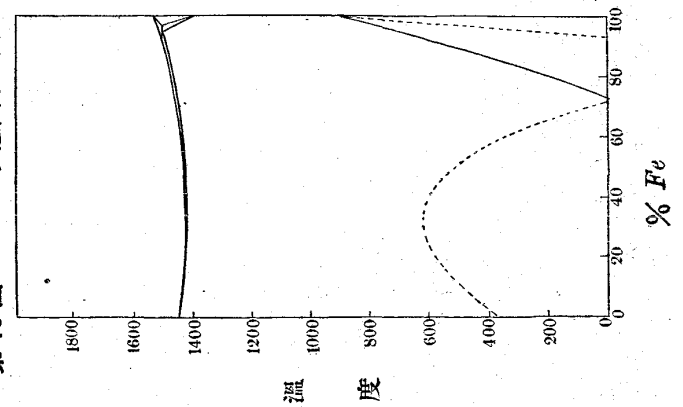
第12圖



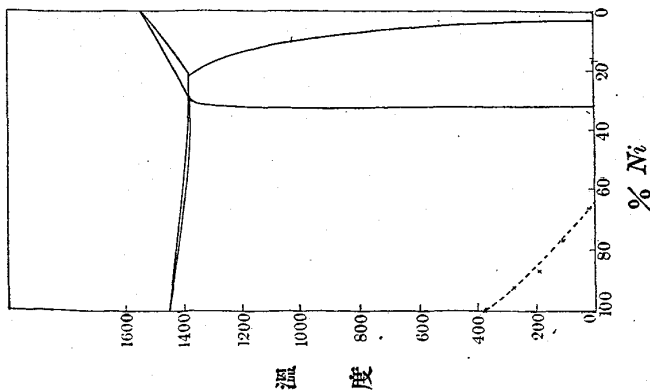
第9圖 Ni-Cr 狀態圖



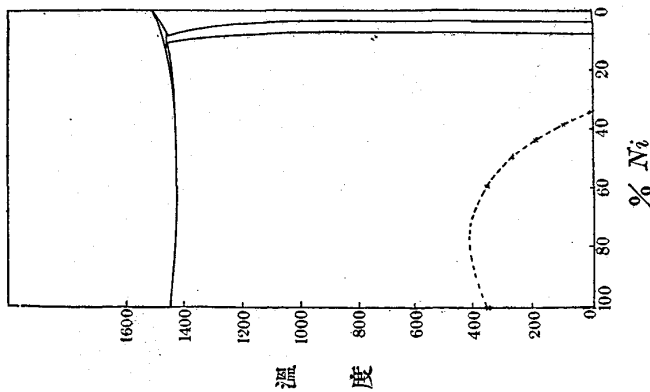
第10圖 Fe-Ni 狀態圖(加瀬)



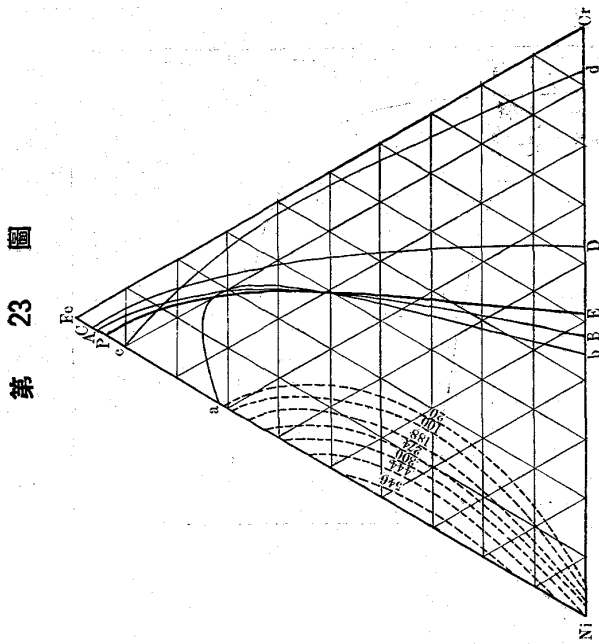
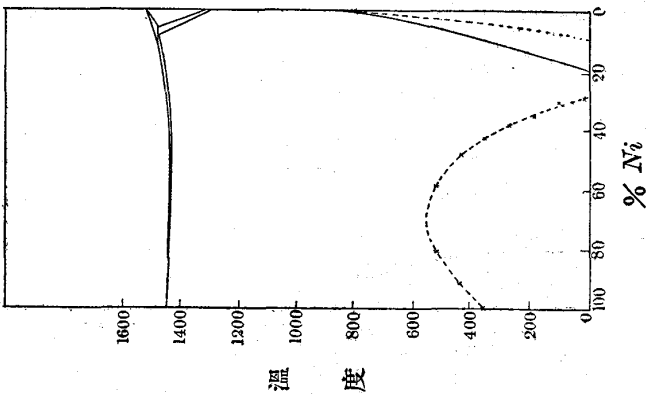
第17圖 D系状態圖



第19圖 F系状态圖

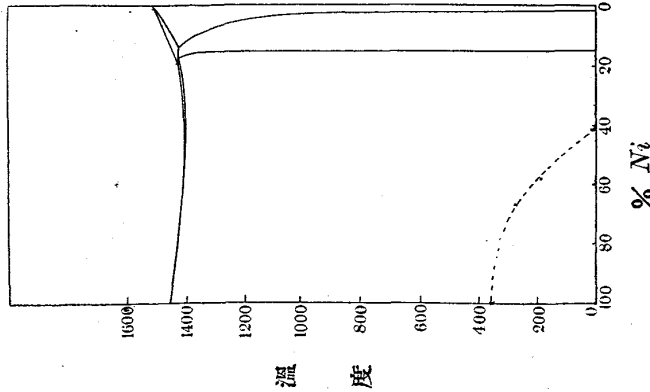


第21圖 H系状态圖

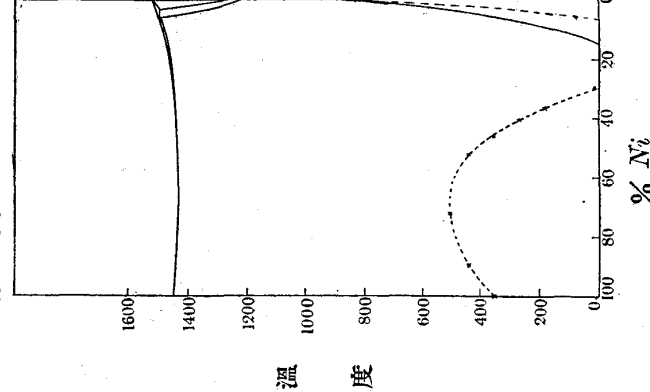


第23圖

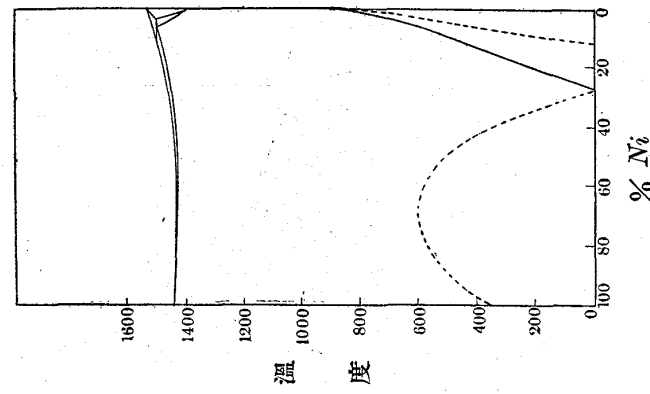
第18圖 E系状态圖



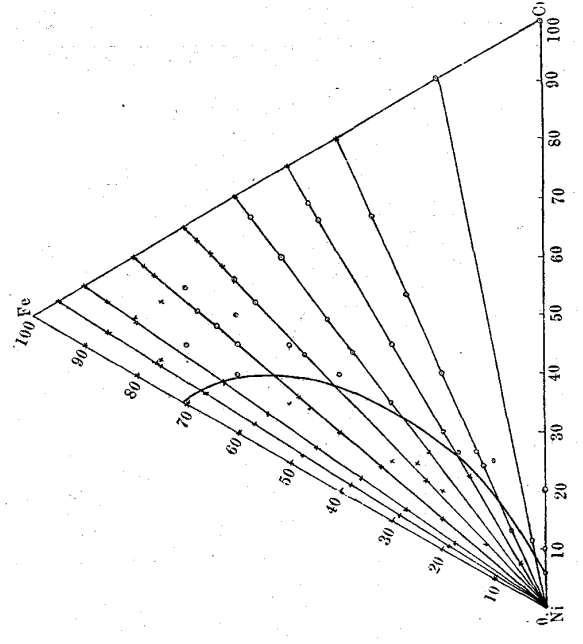
第20圖 G系状态圖



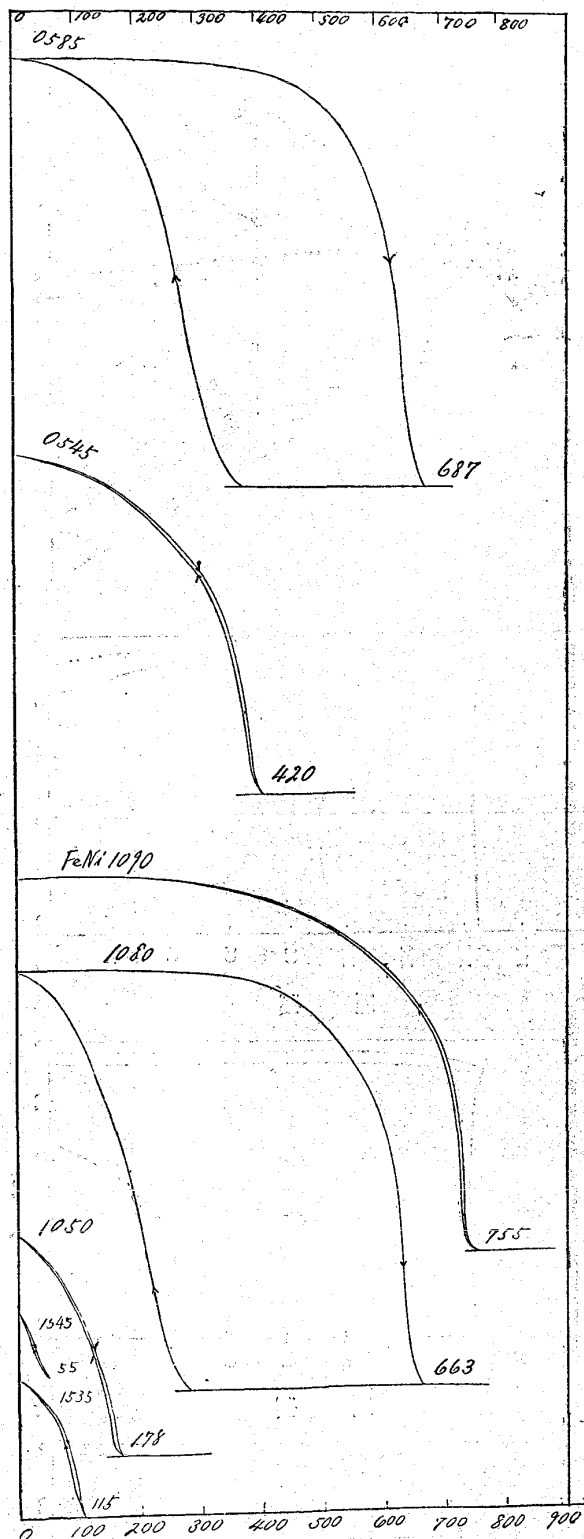
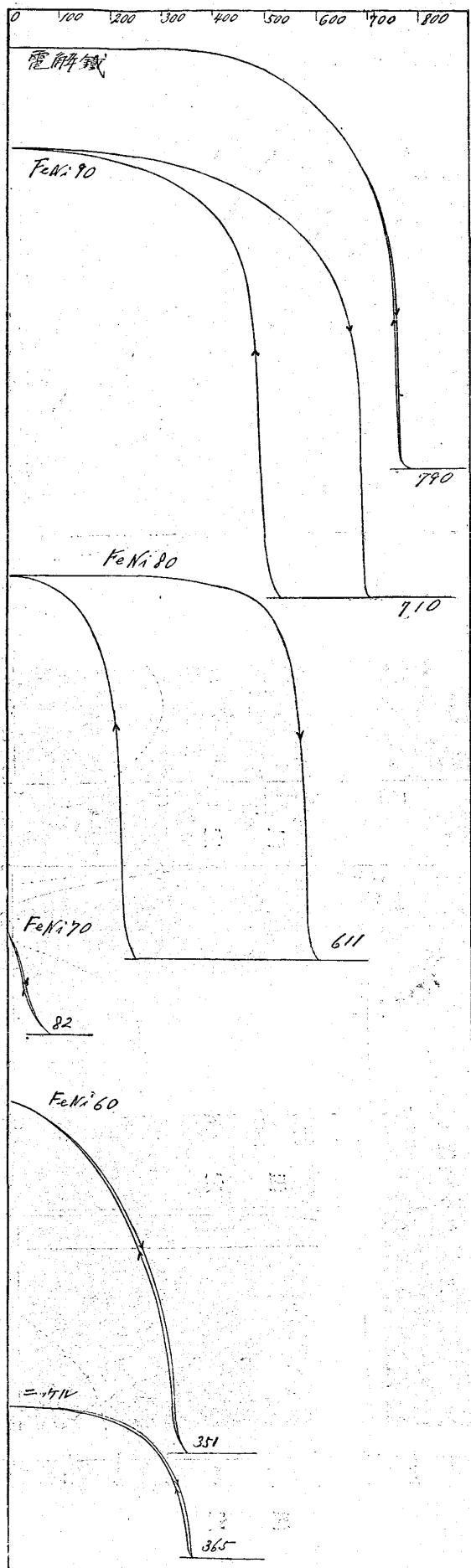
第22圖 Fe-Ni系状态圖(加瀬)



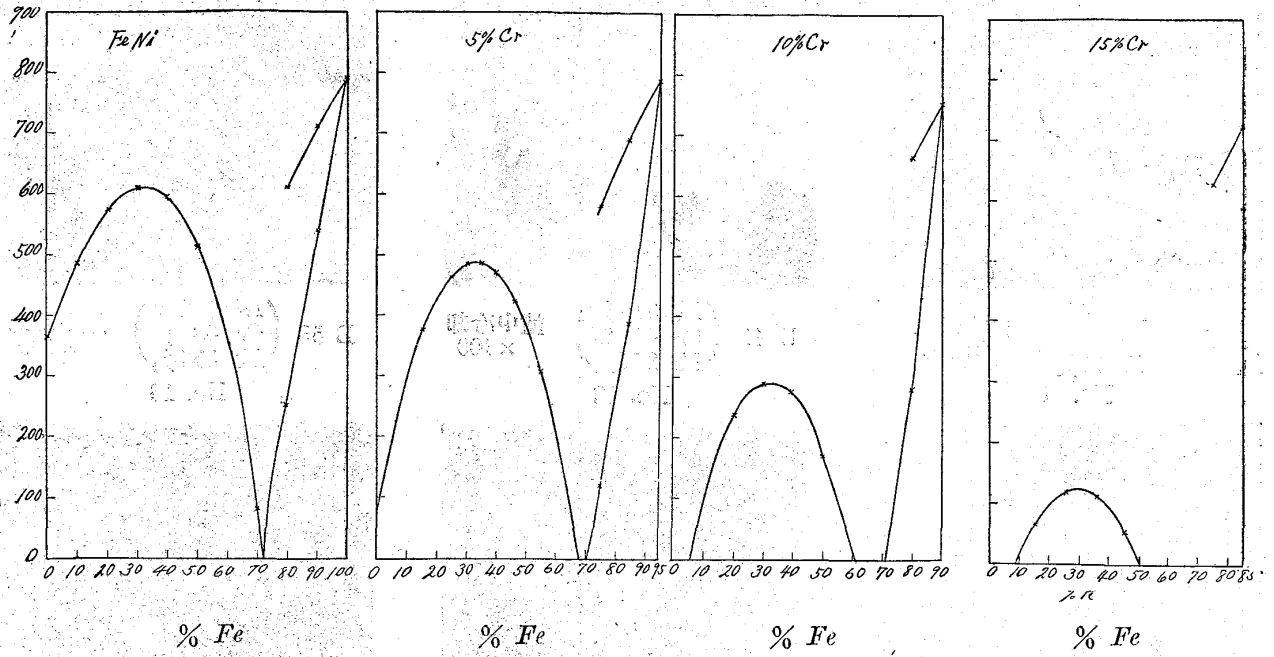
第24圖



第 25 圖



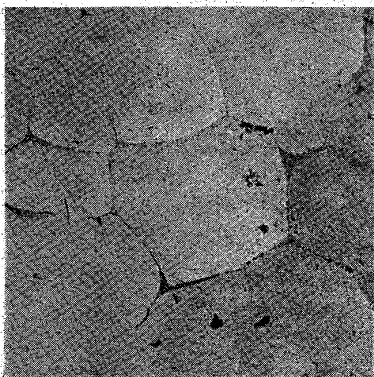
第 26 圖



No. 1

No. 3

No. 5



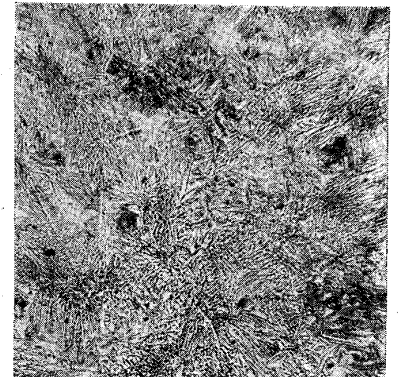
A 42 (Ni 47.5%
Cr 42%
Fe 10.5%) 爐中冷却
×100

No. 2



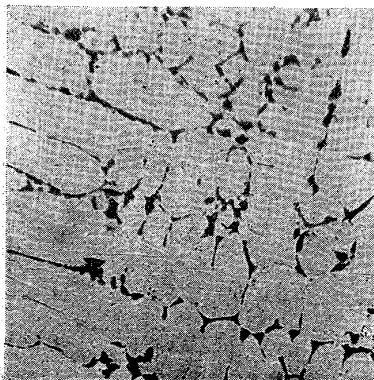
A 48 (Ni 40%
Cr 48%
Fe 12%) 爐中冷却
×100

No. 4

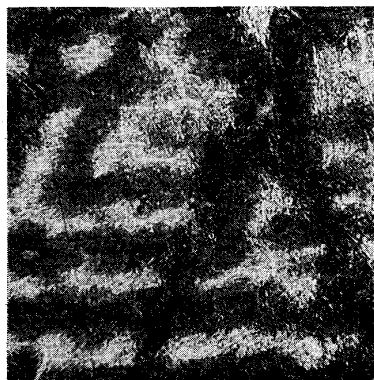


A 60 (Ni 25%
Cr 60%
Fe 15%) 爐中冷却
×100

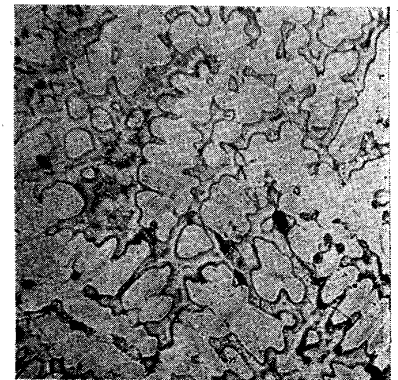
No. 6



A 47 (Ni 41.25%
Cr 47%
Fe 11.75%) 爐中冷却
×100

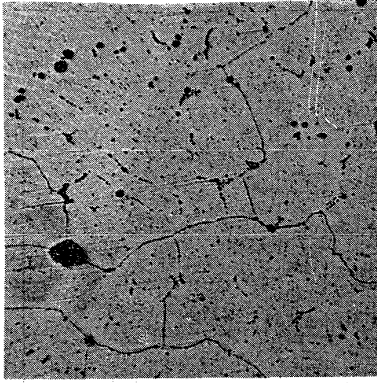


A 55 (Ni 31.25%
Cr 55%
Fe 13.75%) 爐中冷却
×100



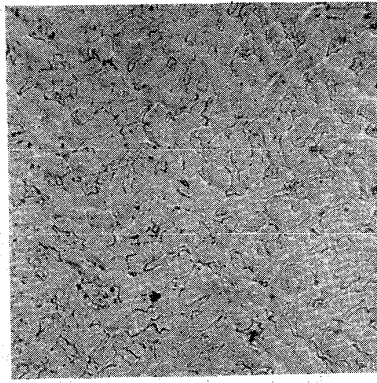
A 70 (Ni 12.5%
Cr 70%
Fe 17.5%) 爐中冷却
×100

No. 7



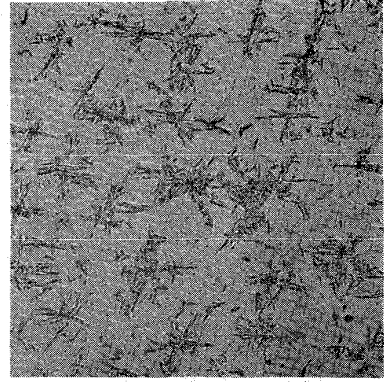
A 80 $\begin{pmatrix} Ni & 0\% \\ Cr & 80\% \\ Fe & 20\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100
No. 8

No. 11

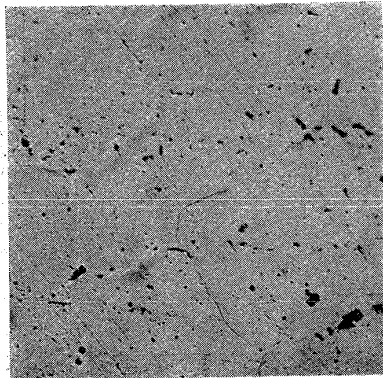


B 41 $\begin{pmatrix} Ni & 31.7\% \\ Cr & 41\% \\ Fe & 27.3\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100
No. 12

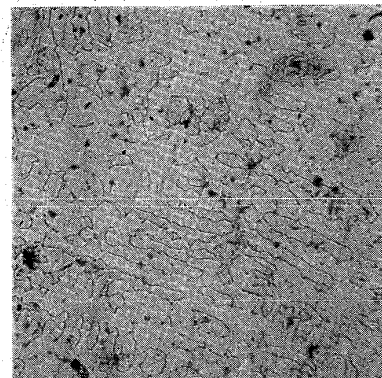
No. 15



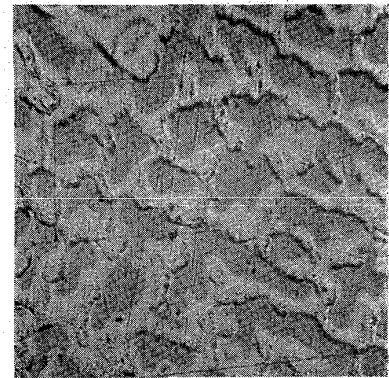
B 53 $\begin{pmatrix} Ni & 11.7\% \\ Cr & 53\% \\ Fe & 35.3\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100
No. 16



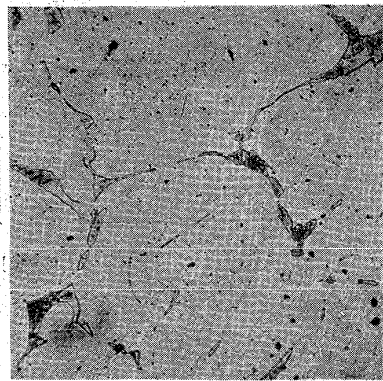
A 37 $\begin{pmatrix} Ni & 38.3\% \\ Cr & 37\% \\ Fe & 24.7\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100
No. 9



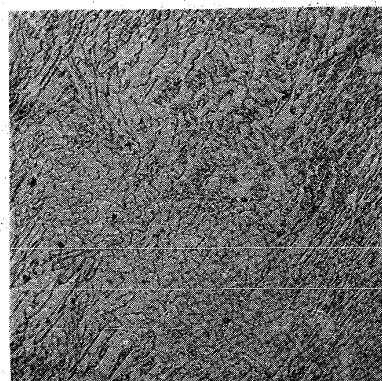
B 42 $\begin{pmatrix} Ni & 30\% \\ Cr & 42\% \\ Fe & 28\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100
No. 13



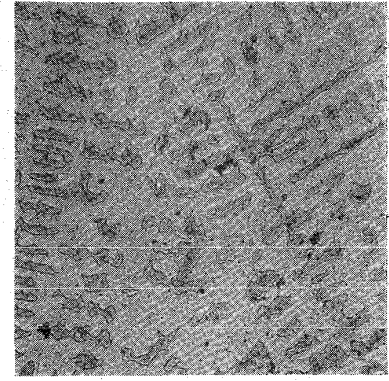
C 35 $\begin{pmatrix} Ni & 30\% \\ Cr & 35\% \\ Fe & 23.3\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×50
No. 17



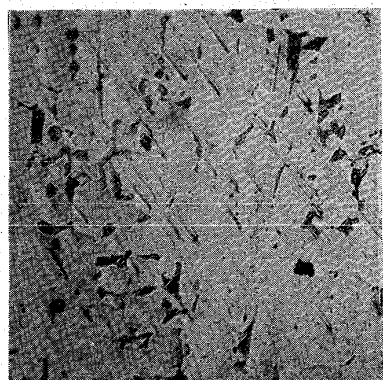
B 38 $\begin{pmatrix} Ni & 36.7\% \\ Cr & 38\% \\ Fe & 25.3\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100
No. 10



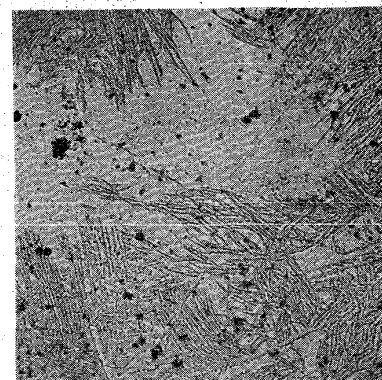
B 45 $\begin{pmatrix} Ni & 25\% \\ Cr & 45\% \\ Fe & 30\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100
No. 14



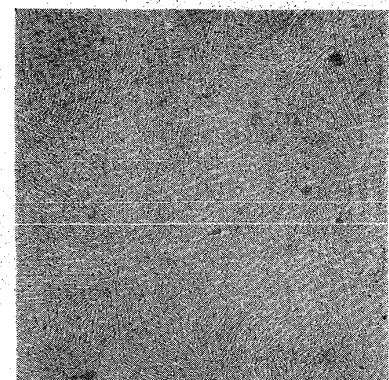
C 37 $\begin{pmatrix} Ni & 26\% \\ Cr & 37\% \\ Fe & 25\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×50
No. 18



B 40 $\begin{pmatrix} Ni & 33.4\% \\ Cr & 40\% \\ Fe & 26.6\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100

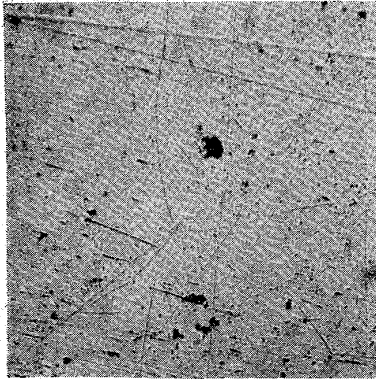


B 48 $\begin{pmatrix} Ni & 20\% \\ Cr & 48\% \\ Fe & 32\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100



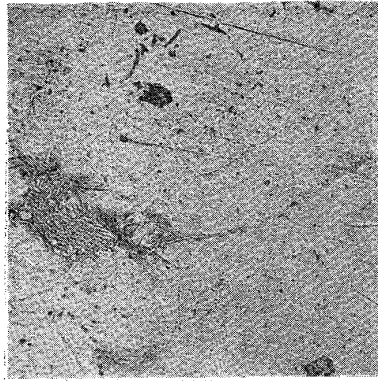
C 40 $\begin{pmatrix} Ni & 20\% \\ Cr & 40\% \\ Fe & 40\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100

No. 19



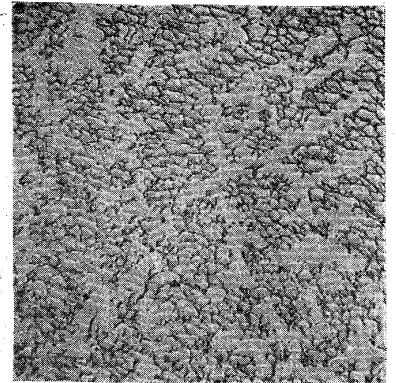
C 43 $\begin{pmatrix} Ni & 14\% \\ Cr & 43\% \\ Fe & 43\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100
No. 20

No. 23

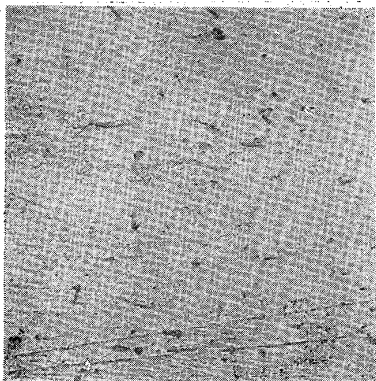


D 36 $\begin{pmatrix} Ni & 10\% \\ Cr & 36\% \\ Fe & 54\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100
No. 24

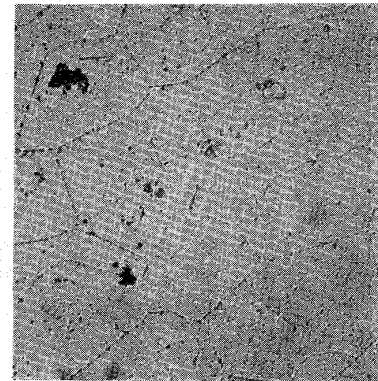
No. 27



E 26 $\begin{pmatrix} Ni & 13.2\% \\ Cr & 26\% \\ Fe & 60.8\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100
No. 28



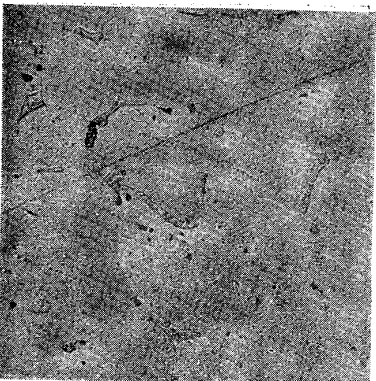
D 29 $\begin{pmatrix} Ni & 37.5\% \\ Cr & 29\% \\ Fe & 43.5\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100
No. 21



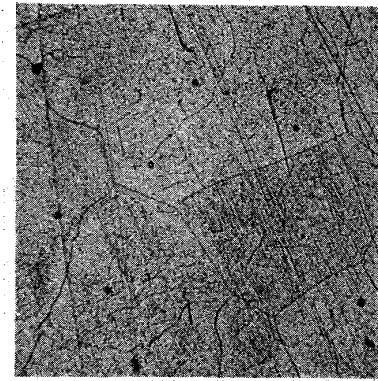
D 37 $\begin{pmatrix} Ni & 7.5\% \\ Cr & 37\% \\ Fe & 55.5\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100
No. 25



E 27 $\begin{pmatrix} Ni & 10\% \\ Cr & 27\% \\ Fe & 63\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100
No. 29



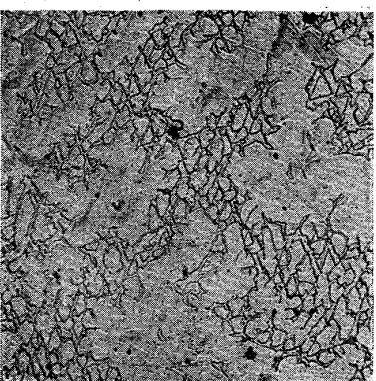
D 30 $\begin{pmatrix} Ni & 25\% \\ Cr & 30\% \\ Fe & 45\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100
No. 22



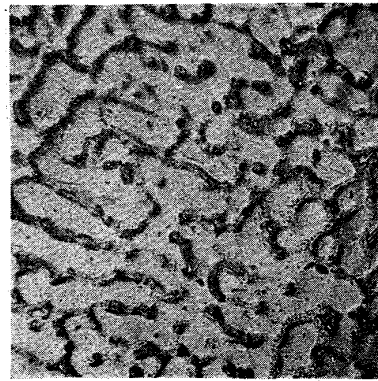
D 40 $\begin{pmatrix} Ni & 0\% \\ Cr & 40\% \\ Fe & 60\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×50
No. 26



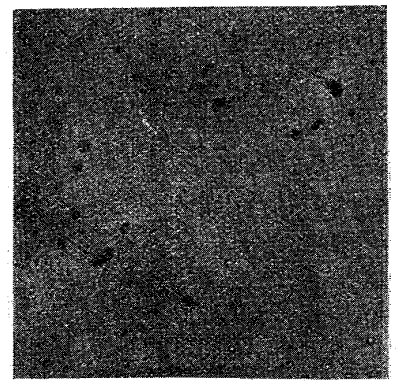
F 18.5 $\begin{pmatrix} Ni & 7.5\% \\ Cr & 18.5\% \\ Fe & 74\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100
No. 30



D 32 $\begin{pmatrix} Ni & 20\% \\ Cr & 32\% \\ Fe & 48\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×100

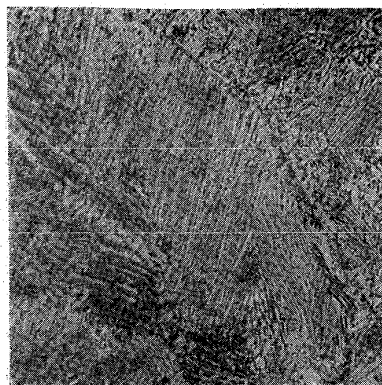


E 25 $\begin{pmatrix} Ni & 16.5\% \\ Cr & 25\% \\ Fe & 58.5\% \end{pmatrix}$ 爐中冷却
×50



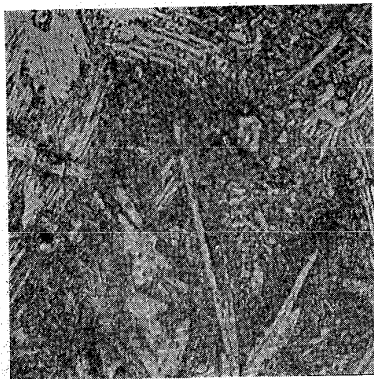
A 40 $\begin{pmatrix} Ni & 50\% \\ Cr & 40\% \\ Fe & 10\% \end{pmatrix}$ 燒鈍
×100

No. 31



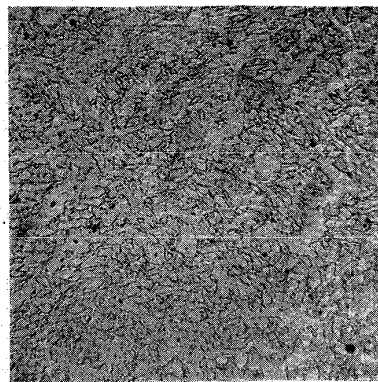
A 42 $\left(\begin{array}{l} Ni\ 47.5\% \\ Cr\ 42\ \% \\ Fe\ 10.5\% \end{array} \right)$ 燒鈍
No. 32

No. 35

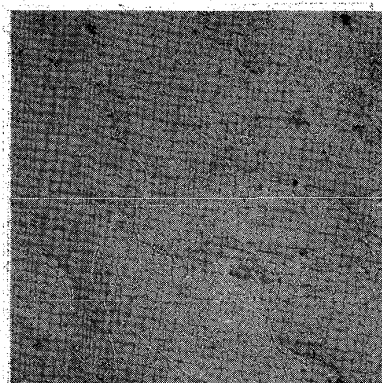


A 65 $\left(\begin{array}{l} Ni\ 18.75\% \\ Cr\ 65\ \% \\ Fe\ 16.25\% \end{array} \right)$ 燒鈍
×400
No. 36

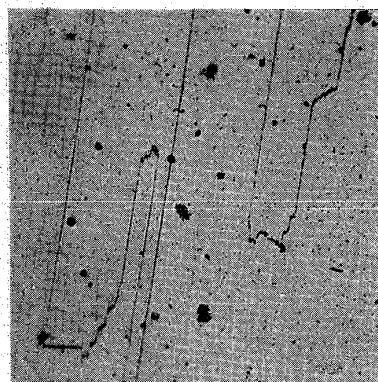
No. 39



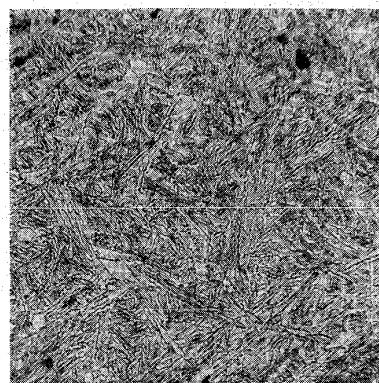
B 45 $\left(\begin{array}{l} Ni\ 25\% \\ Cr\ 45\ \% \\ Fe\ 30\% \end{array} \right)$ 燒鈍
×50
No. 40



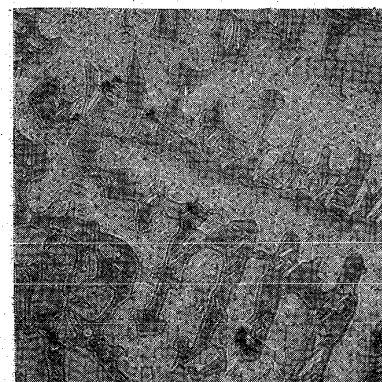
A 45 $\left(\begin{array}{l} Ni\ 43.75\% \\ Cr\ 45\ \% \\ Fe\ 15.25\% \end{array} \right)$ 燒鈍
×400
No. 33



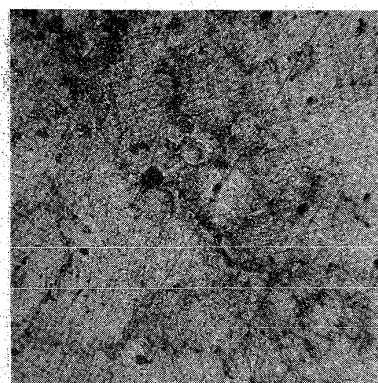
B 37 $\left(\begin{array}{l} Ni\ 38.3\% \\ Cr\ 37\ \% \\ Fe\ 24.7\% \end{array} \right)$ 燒鈍
×50
No. 37



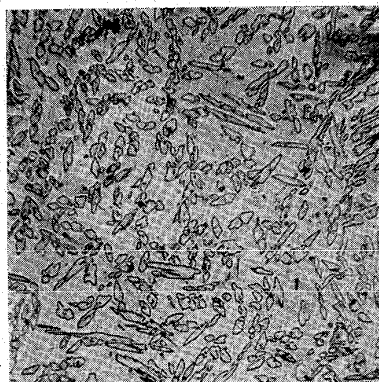
B 48 $\left(\begin{array}{l} Ni\ 20\% \\ Cr\ 48\ \% \\ Fe\ 32\% \end{array} \right)$ 燒鈍
×50
No. 41



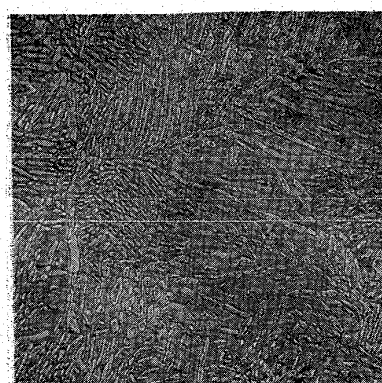
A 50 $\left(\begin{array}{l} Ni\ 37.5\% \\ Cr\ 50\ \% \\ Fe\ 12.5\% \end{array} \right)$ 燒鈍
×100
No. 34



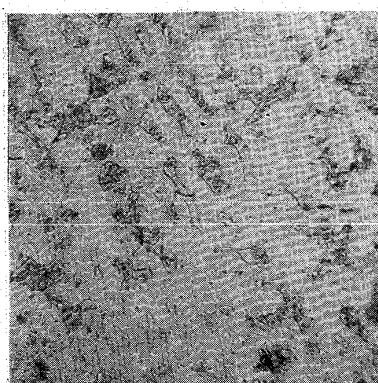
B 38 $\left(\begin{array}{l} Ni\ 36.7\% \\ Cr\ 38\ \% \\ Fe\ 25.3\% \end{array} \right)$ 燒鈍
×50
No. 38



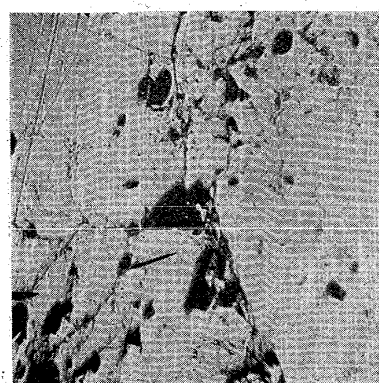
B 53 $\left(\begin{array}{l} Ni\ 11.7\% \\ Cr\ 53\ \% \\ Fe\ 35.3\% \end{array} \right)$ 燒鈍
×50
No. 42



A 60 $\left(\begin{array}{l} Ni\ 25\% \\ Cr\ 60\ \% \\ Fe\ 15\% \end{array} \right)$ 燒鈍
×100

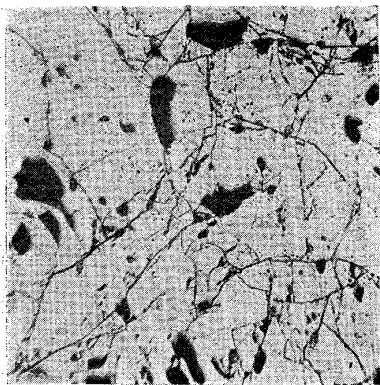


B 42 $\left(\begin{array}{l} Ni\ 30\% \\ Cr\ 42\ \% \\ Fe\ 28\% \end{array} \right)$ 燒鈍
×50



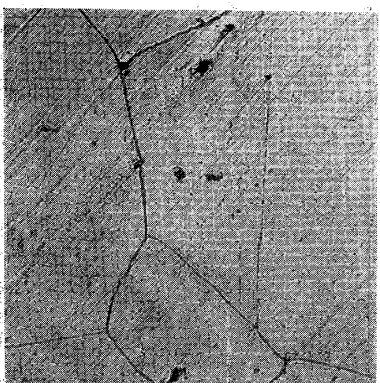
B 57 $\left(\begin{array}{l} Ni\ 5\% \\ Cr\ 57\ \% \\ Fe\ 38\% \end{array} \right)$ 燒鈍
×100

No. 43



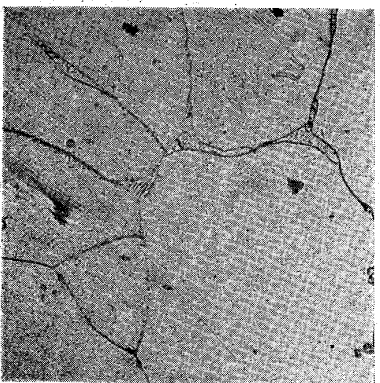
B 60 $\begin{pmatrix} Ni & 0\% \\ Cr & 60\% \\ Fe & 40\% \end{pmatrix}$ 焼鈍 $\times 100$

No. 44



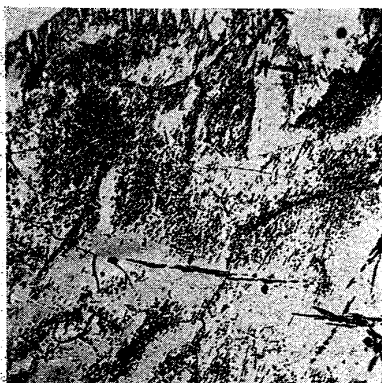
C 53 $\begin{pmatrix} Ni & 34\% \\ Cr & 33\% \\ Fe & 33\% \end{pmatrix}$ 焼鈍 $\times 100$

No. 45



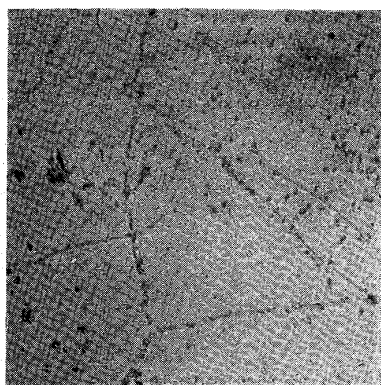
C 35 $\begin{pmatrix} Ni & 30\% \\ Cr & 35\% \\ Fe & 35\% \end{pmatrix}$

No. 46



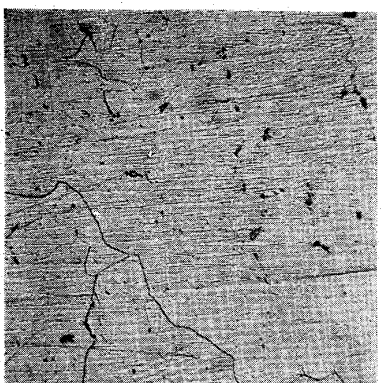
C 45 $\begin{pmatrix} Ni & 10\% \\ Cr & 45\% \\ Fe & 45\% \end{pmatrix}$ 焼鈍 $\times 400$

No. 47



C 47 $\begin{pmatrix} Ni & 6\% \\ Cr & 47\% \\ Fe & 47\% \end{pmatrix}$ 焼鈍 $\times 400$

No. 48



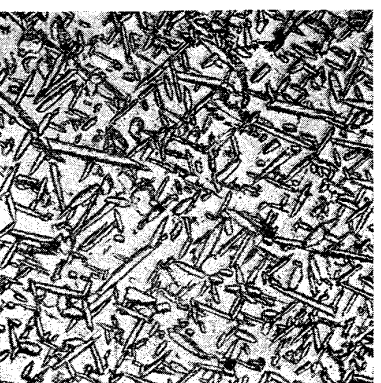
D 30 $\begin{pmatrix} Ni & 25\% \\ Cr & 30\% \\ Fe & 45\% \end{pmatrix}$ 焼鈍 $\times 50$

No. 49



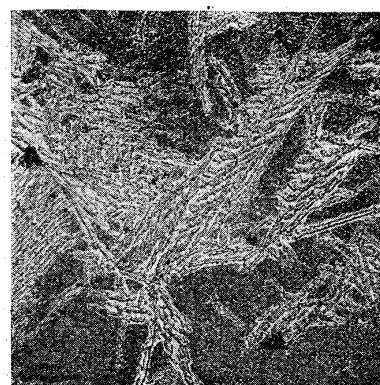
D 32 $\begin{pmatrix} Ni & 20\% \\ Cr & 32\% \\ Fe & 48\% \end{pmatrix}$ $\times 50$

No. 50



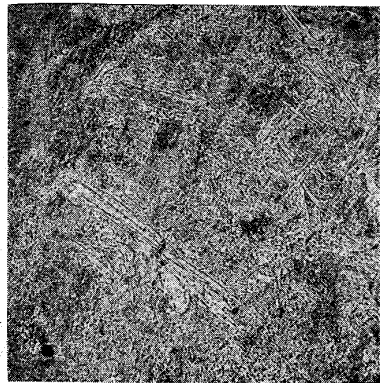
D 35 $\begin{pmatrix} Ni & 12.5\% \\ Cr & 35\% \\ Fe & 52.5\% \end{pmatrix}$ 焼鈍 $\times 100$

No. 51



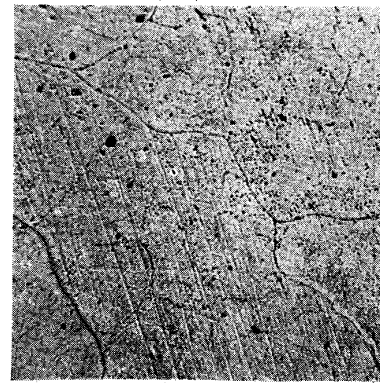
D 36 $\begin{pmatrix} Ni & 10\% \\ Cr & 36\% \\ Fe & 54\% \end{pmatrix}$ 焼鈍 $\times 100$

No. 52



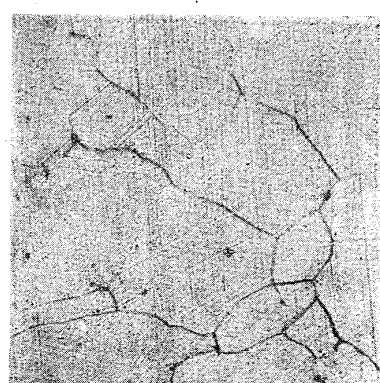
D 38 $\begin{pmatrix} Ni & 5\% \\ Cr & 38\% \\ Fe & 57\% \end{pmatrix}$ 焼鈍 $\times 100$

No. 53



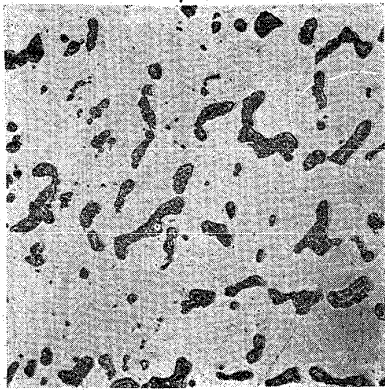
D 40 $\begin{pmatrix} Ni & 0\% \\ Cr & 40\% \\ Fe & 60\% \end{pmatrix}$ 焼鈍 $\times 50$

No. 54



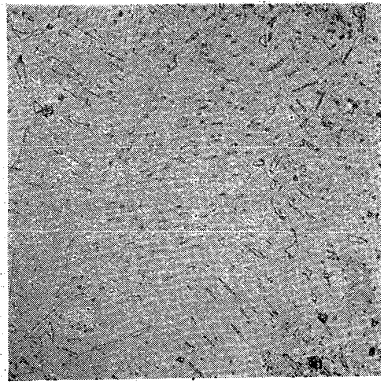
E 25 $\begin{pmatrix} Ni & 16.5\% \\ Cr & 25\% \\ Fe & 58.5\% \end{pmatrix}$ 焼鈍 $\times 100$

No. 55



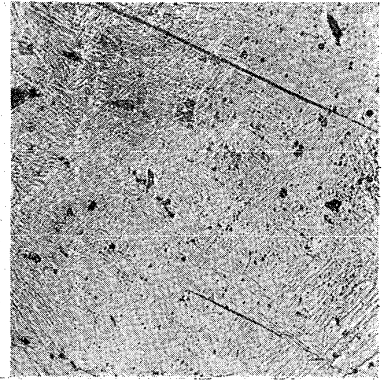
E 26 $\begin{pmatrix} Ni & 13.2\% \\ Cr & 26\% \\ Fe & 60.8\% \end{pmatrix}$ 燒鈍 $\times 100$
No. 56

No. 59

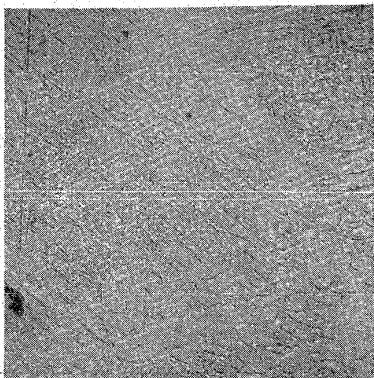


F 18.5 $\begin{pmatrix} Ni & 7.5\% \\ Cr & 18.5\% \\ Fe & 74\% \end{pmatrix}$ 燒鈍 $\times 100$
No. 60

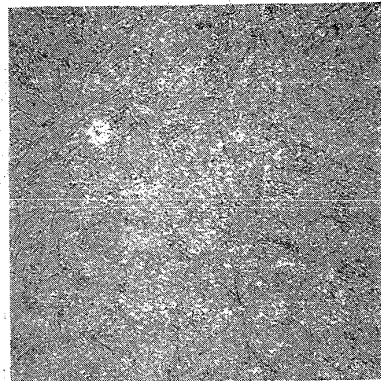
No. 63



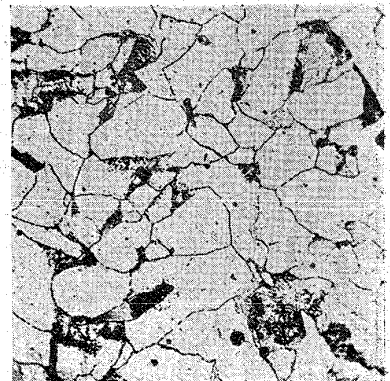
G 9.0 $\begin{pmatrix} Ni & 10\% \\ Cr & 9\% \\ Fe & 81\% \end{pmatrix}$ 燒鈍 $\times 100$
No. 64



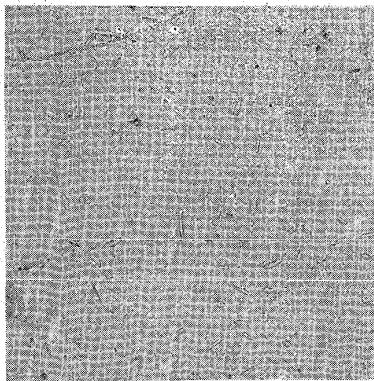
E 23 $\begin{pmatrix} Ni & 6.5\% \\ Cr & 28\% \\ Fe & 65.5\% \end{pmatrix}$ 燒鈍 $\times 100$
No. 57



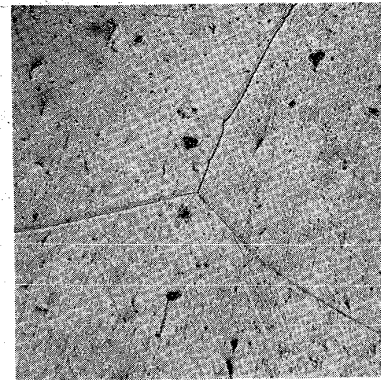
F 19 $\begin{pmatrix} Ni & 5\% \\ Cr & 19\% \\ Fe & 76\% \end{pmatrix}$ 燒鈍 $\times 100$
No. 61



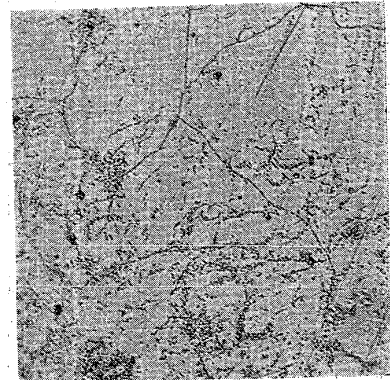
G 10 $\begin{pmatrix} Ni & 0\% \\ Cr & 10\% \\ Fe & 90\% \end{pmatrix}$ 燒鈍 $\times 100$
No. 65



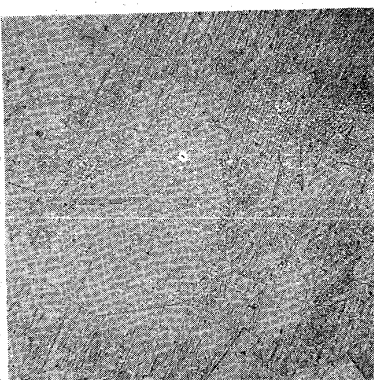
E 23 $\begin{pmatrix} Ni & 3\% \\ Cr & 29\% \\ Fe & 68\% \end{pmatrix}$ 燒鈍 $\times 100$
No. 58



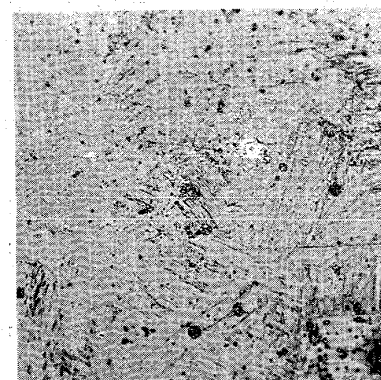
F 20 $\begin{pmatrix} Ni & 0\% \\ Cr & 20\% \\ Fe & 80\% \end{pmatrix}$ 燒鈍 $\times 100$
No. 62



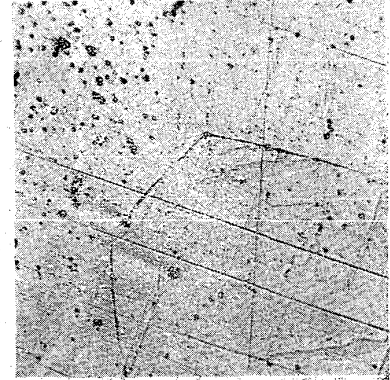
H 3.5 $\begin{pmatrix} Ni & 30\% \\ Cr & 3.5\% \\ Fe & 66.5\% \end{pmatrix}$ 燒鈍 $\times 100$
No. 66



F 18 $\begin{pmatrix} Ni & 10\% \\ Cr & 18\% \\ Fe & 72\% \end{pmatrix}$ 燒鈍 $\times 50$



G 8 $\begin{pmatrix} Ni & 20\% \\ Cr & 8\% \\ Fe & 72\% \end{pmatrix}$ 燒鈍 $\times 100$



H 4 $\begin{pmatrix} Ni & 20\% \\ Cr & 4\% \\ Fe & 76\% \end{pmatrix}$ 燒鈍 $\times 100$