



始



359

65

九州帝國大學教授

工學博士

小野鑑正著

鑄物ノ強サ

及

一般性質

東京

丸善株式會社

大正

9. 3. 19

内交

緒 言

大正八年四月九州帝國大學ニ於テ「鑄物ノ科學」ト題スル第十一回講演會ガ催サレタ。其目的ハ鑄物ニ關スル學術上ノ智識ヲ普及シテ多少デモ斯業ノ進歩ニ寄與シヤウト云フノデアツテ先ヅ鑄造冶金學及金屬組織學ノ講義並ニ組織學實驗ヲ金子教授ガ擔當サレ鑄物強弱學及鑄物ノ一般性質ヲ講義シ且強弱學實驗ヲ行フ事ガ私ノ仕事デアツタ。然ルニ丁度三月下旬カラ四月上旬ニ亘リテ病氣ニ襲ハレタ爲ニ私ハ之ヲ果ス事ガ出來ナカッタノデアル。尤モ實驗ハ專ラ助手大村三郎君其任ニ當リ豫定ノ日程ヲ終ツタガ講義ノ方ハ殆ンド之ヲ全廢シ只僅ニ會期ノ最終ノ日ニ一回ノ講演ヲナシテ腹案ノ梗概ヲ述ベルニ止メタノハ甚ダ遺憾デアツタ。其代リ當時講演スベキ筈デアツタ事柄ヲ纏メテ茲ニ之ヲ出版スル運ビトナツタノデアル。

此書ノ内容ハ最後ノ二章ヲ除ク外前ニ述べター一回ノ講演ニ於ケル題材配列ノ順ニ依ル事

ニシ先ヅ最初ニ鐵ノ組織ヲ略述スル事ニシタ。之ハ後章ニ於テ常ニ組織ト關係ヲ生ズルタメ簡單ナル豫備的説明ヲ必要トシタ譯デアツテ金屬組織學自身ヲ目的トシタノデナイカラ後ニ關係アル事柄丈ケヲ簡單ニ説明シタ迄デア

ル。更ニ斷ツテ置キタイト思フノハ鑄物ト云フ廣イ名稱ヲ用キナガラ茲ニハ主トシテ銑鐵鑄物ニ關スル事ノミヲ述ベタ點ト銑鐵鑄物中ニモ尙他ニ研究スベキ問題ガ多イニ拘ラズ或ル特種ノ問題ニ重キヲ置イタ點デアツテ即一般性質ノ如キモ極簡單ナル叙述ニ止メタノニ對シテ強サニ關スル項目中「組織ト強サ」「鑄造應力」及「破壊ノ法則」等ヲ論ズルタメ特ニ各ノ章ヲ設ケタ外「彎曲及振り」ト題シテ應力ノ計算ヲ試ミ正比例ノ法則ニ從ハザル材料ノ計算法ヲ示シタノハ強サヲ論ズル上ニ於テ逸スベカラザル問題デアルカラデア

ル。此書成ルニ當リ私ノ病氣ニヨリ講演會ノタメニ種々ノ配慮ヲ煩シタ西川部長及金子教授ニ對シテ先ヅ深キ謝意ヲ表シタイ。次ニ此書

ノ内ニ收メタ私ノ實驗室ニ於ケル研究ノ結果ハ大村助手ノ盡力ニ依ルコト甚ダ大デア

ル事並ニ實驗ニ用キタ材料ノ多クハ製鐵所及三池製作所ノ供給セラレタ者デア

ル事ヲ感謝ヲ以テ記シテ置ク。而シテ最後ニ出版ニ際シテハ丸善株式會社ノ齋藤定四郎君並ニ同社出版係ノ援助ヲ得タ事ヲ述ベテ置キタイト思フ。

大正八年十二月福岡ニ於テ

著 者

目次

I. 組織

1. 炭素鐵ノ組織... .. 1
2. 鋼及銑鐵ノ組織... .. 7
3. 顯微鏡寫眞圖ノ實例... .. 10

II. 鑄鐵ノ性質

4. 機械的諸性質... .. 13
5. 牽引及壓縮... .. 14
6. 應力及伸ビノ關係ヲ示ス方程式... .. 21
7. 組織ト硬サ... .. 22
8. 衝擊ニ對スル強サ... .. 25
9. 繰返應力ニ對スル強サ... .. 27
10. 高溫度ニ於ケル強サ... .. 27
11. 鑄物ノ生長... .. 28
12. 耐酸性... .. 29

III. 彎曲及振り

13. 彎曲ニヨリテ生ズル應力ノ配布... .. 31
14. 彎曲試験... .. 36
15. 振リニヨリテ生ズル應力ノ計算... .. 38
16. 鑄鐵破壞試験ノ實例... .. 42

IV. 組織ト強サ

17. 金屬ノ變形 44
 18. 銑鐵ト鋼 47
 19. 黒鉛層ノ影響 53
 20. 彎曲ニヨル破壊ノ顯微鏡的觀察 55
 21. 鼠銑中ノ炭素量 56

V. 鑄造應力

22. 膨脹及收縮 59
 23. 鑄造應力ノ發生 66
 24. 鑄造應力ノ實驗 71
 25. 鑄造應力ノ影響 73

VI. 破壊ノ法則

26. 破壊ノ假説 75
 27. σ, τ 線圍ノ限界線 76
 28. 破面ノ位置 81

VII. 機械製作ト鑄物

29. 製圖上ノ注意 86
 30. 破損ノ實例 89
 31. 成分ノ調整 92

鑄物ノ強サ及一般性質

I. 組織

1. 炭素鐵ノ組織

特殊ノ鋼鑄物ノ成分ニハ例ヘバ硅素、滿俺等ヲ多量ニ加ヘタ者ガアルケレドモ普通ノ鋼鑄物ハ勿論比較的多量ノ異物質ヲ有スル銑鐵鑄物ニ於テモ鐵自身ノ外最モ主要ナル元素ハ炭素デアツテ外ニ通例硅素、滿俺、磷、硫黃等ヲ含ンデ居ル。從テ炭素鐵合金ノ性狀ヲ知ルコトガ必要デアル。

一般ニ物質ハ溫度ノ變化ト共ニ其狀態並ニ性質ノ變化ヲ生ズルモノデ例ヘバ大氣ノ壓力ヲ受ケル水ガ 100°C ニ於テハ蒸汽トナルモ冷却ト共ニ凝結シテ液狀トナリ更ニ寒冷ニ遇ヘバ 0°C ニ於テ水トナル如キハ最モ普通ニ經驗スル事實デアル。此三狀態ノ相互間ニ於ケル變化ヲ見ルニ先ヅ蒸汽ガ水ニ凝縮スルノハ不變ノ溫度ニ於テ行ハレ且 100°C ノ蒸汽ハ其 1 gr ニ付 539 cal ノ熱量ヲ出シテ凝縮スル。又水ガ化シテ水トナル時ニハ 1 gr ニ付 80 cal ノ熱ヲ出スノデアツテ即溫度ノ不變ト云フ點ヨリ見ルモ變化ガ言ハバ非連續的デアル。

炭素鐵ハ液狀ヨリ化シテ固態トナル時非連續的ノ變化ヲナスハ勿論固態ノ間ニ於テモ亦溫度ニ連レテ連續的並ニ非連續的ノ變化ヲナスモノデアル。併シ夫レヲ述ベル前ニ先ヅ鐵自身ノ狀態變化ヲ一言セネバナラス。蓋シ純粹ノ鐵ガ已ニ固體

ノ間ニ或ル非連続的ノ變態ヲ起スノデアアル。

先ヅ鐵ヲ熔融狀態カラ次第ニ冷却スル場合ヲ考ヘルニ其凝固點ガ何度デアルカニ就テ實驗ノ結果ガ一致シテ居ナイケレドモ約 1510°Cニ至レバ固體トナル。此時融解熱ヲ出ス故冷却ガ一時止マリテ溫度ガ下ラナイ。併シ一定ノ熱ヲ出シ終レバ再ビ溫度ハ降下スルノデアアル。已ニ固體トナリタル後何等ノ非連続的變化ガ起ラナケレバ溫度ノ變化モ異狀ヲ呈ジナイ譯デアアルガ實際約 890°Cニ至リテ冷却ガ復一時止マル。之ヲ純鐵ノ Ar₃ 點ト呼ブ。此溫度以上ノ鐵ハ γ 鐵ト云ヒ之以下ノ鐵ニ比シテ比重大デ且磁性甚ダ乏シキ特徴ヲ有テ居ル。即 Ar₃ヲ下ルト共ニ鐵ハ一時容積ヲ増シ又稍磁性ヲ帯ビル。斯テ溫度ガ 770°以下ニ下レバ鐵ハ次第ニ強磁性體トナルノデアツテ之ハ吾々が常溫ニ於テ知ル α 鐵デアアル。金屬組織學デハ α 鐵ノコトヲファーライト¹⁾ト云フ。而シテ此第二ノ變化ヲ Ar₂ト呼ビ Ar₃ト Ar₂トノ間ヲ β 鐵ト稱スルケレドモ之ハ獨立セル相ナラズト唱ヘラレテ居ル。²⁾尙融解點ニ近ク Ar₁點アリテ之以上ヲ δ 鐵ト呼ビ γ 鐵ニ比シテ稍高キ磁性ヲ有スル特徴ガ認めラレテ居ル。

上ニ述ベタ變態ハ單ニ冷却ニ際シテ起ル計リデナク加熱ニ際シテモ亦類似ノ事柄ガ存在スルノデ即此時ニハ變化ノ間熱ガ鐵ニ吸收セラレテ溫度ノ上昇ガ一時休止スル。而シテ加熱ノ際ニ於ケル變化ノ溫度ハ冷却ノ時ト一致セズシテ之ヨリモ

1) Ferrite

2) 本多博士 Sci. Rep. 4 (1915), 169 頁.
磁氣ト物質 140 頁.

多少高イ。依テ加熱ニ於ケル變態溫度ヲ冷却ノ時ノ溫度ト區別スルタメニ Ac₂ 又ハ Ac₃ 等ノ文字ヲ用キルノガ習慣デアアル。但 Aノ末尾ニ添エタル γ ガ佛語ノ refroidissement (冷却)ヲ意味スルニ對シテ α ハ chauffage (加熱)ヲ指スノデアアル。

斯様ナ所謂熱分析¹⁾ノ方法ハ勿論ソノ他本多博士ノ用キラル、如キ磁氣分析²⁾ヤ並ニ例ノ顯微鏡試驗等各種ノ方法ニヨリテ純鐵及ビ種々ノ鐵合金ニ於ケル變態ガ研究セラレ其結果トシテ與ヘラレタル合金ガ種々ノ溫度ニ於テ如何ナル狀態ニ在ルカハ判明スルノデアアル。只今考ヘントシツ、アル炭素鐵ハ鐵合金中デ最モヨク研究サレテ來タ者デアツテ其變態モ或ル程度迄明瞭デアアル。素ヨリ細密ナル點ニ就テハ未ダ闡明シ盡サレス點ガ少クナイノデアアルガ茲ニハ已ニ明カニサレタ狀態變化ノ大要ヲ語ルニ止メヤウ。

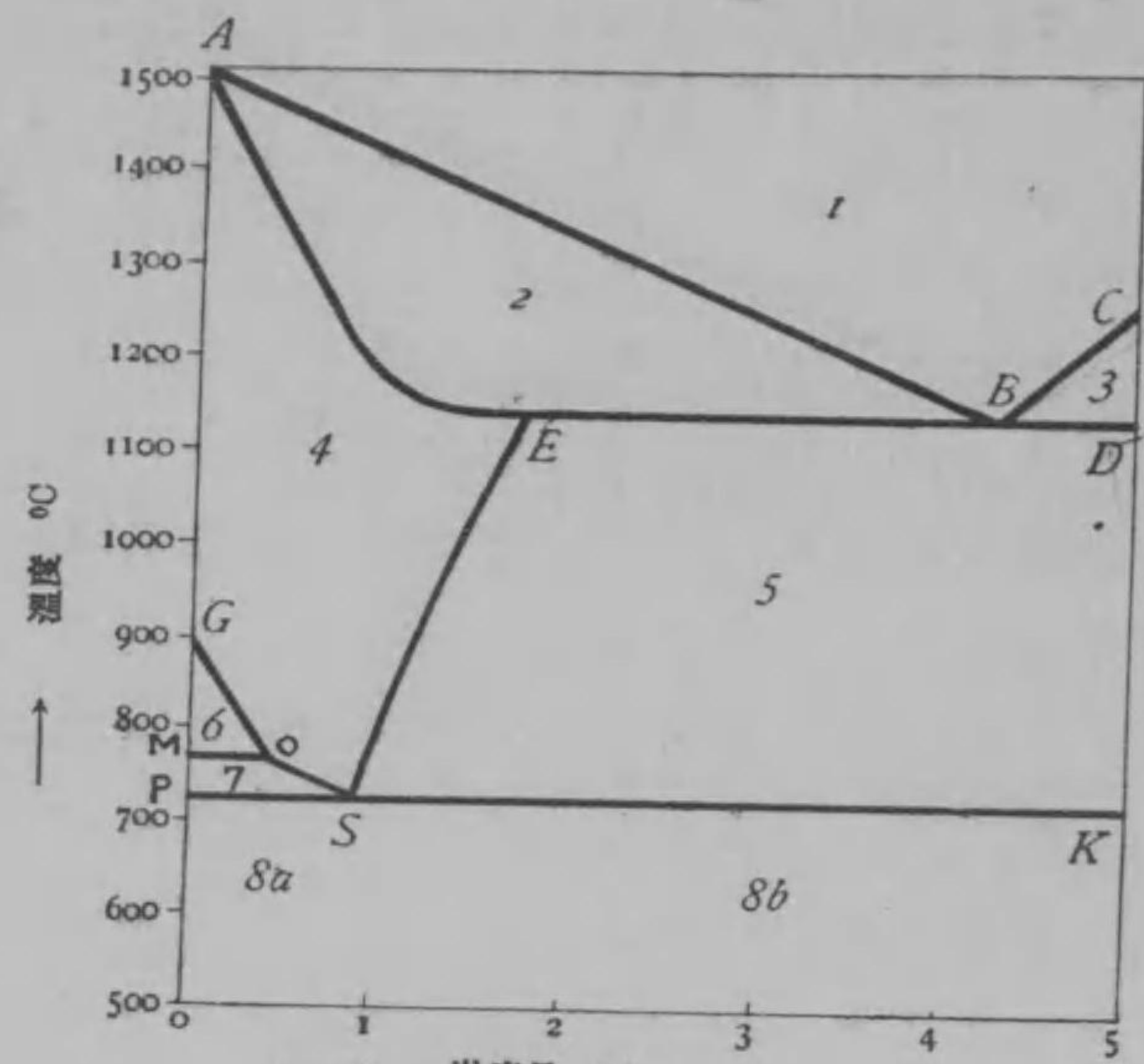
一般ニ二成分ヨリナル合金ノ狀態ヲ示スタメニ其一成分ノ濃度ヲ横軸ニ沿ヒテ計リ又溫度ヲ縦軸ニ沿ヒテ取ル。而シテ與ヘラレタル配合ノ合金ガ生ズル變態ノ溫度ヲ計リテ此成分及溫度ヲ座標トスル點ヲ記ス。斯ル方法ヲ種々ノ割合ノ同種合金ニ施シテ得タ點ガ幾ツモアレバ之等ノ中同性質ノ者ヲ曲線デ結ブコトニヨリテ所謂狀態圖ヲ作ルコトガ出來ル。

炭素鐵狀態圖ノ最簡ナル形ハ 1 圖ニ示ス如クデアツテ横軸ハ炭素ノ含有量ヲ示シテ居ル。先ヅ 1ノ範圍内ハ何處デモ皆熔融狀態ニアルガ次ニ凝固ノ開始スル點ハ炭素ノ量ニヨリテ

1) Thermal analysis

2) Magnetic analysis

1 圖



- 1 熔液
- 2 熔液 + オーステナイト $\gamma(C)$
- 3 熔液 + セメンタイト Fe_3C
- 4 $\gamma(C)$
- 5 $\gamma(C) + Fe_3C$
- 6 $\gamma + \beta$
- 7 $\gamma + \alpha$
- 8a $\alpha + \text{パーライト}$
- 8b $Fe_3C + \text{パーライト}$

一定デナイ。即炭素量 4.3% 以下ナラバ濃度ト共ニ温度ハ AB 線ノ示ス様ニ下ル。又之以上ナラバ濃度ト共ニ BC 線ニ沿ヒテ上ル。B 點ノ温度ハ約 1130°C デアル。今凝固ノ開始スル點ト云フ語ヲ用キタガ之ハ一定ノ温度ニ於テ全部ノ凝固ガ完了サレナイカラナノデアツテ即 %C ガ 0-4.3 ナル時ハ AB 線上ノ一點デ凝結シ始メルケレドモ全部ノ凝固スルノハ温度ガ下リテ A E B 線上ニ達シタ時デアル。此 2 ノ領域ニ於テ如何ナル變化ガ起ルカト云フニ γ 鐵ト炭素又ハセメンタイト¹⁾ ト稱スル炭化鐵(Fe_3C)トガ溶ケ合ツタ所謂 γ 固溶體ガ結晶シ之ニ配スルニ殘餘ノ熔液ヲ以テスルノデアル。一般ニ炭素又ハ炭化鐵ト γ 鐵トノ固溶體ヲオーステナイト²⁾ ト呼ンデ居ル。故ニ 2

1) Cementite 2) Austenite

ノ面積内ハ熔液トオーステナイトトノ混合デアツテ此熔液ノ炭素濃度ハ冷却ト共ニ AB 線ニ沿ヒテ次第ニ密トナルガ其凝固ニ連レテ炭素ガ瀾蔓スル故オーステナイト即 γ 固溶體ノ炭素濃度ハ或ル程度迄高マルノデ其最高限度ハ E 點ノ濃度デアアル(約 1.7%)。即之以下ノ炭素量ヲ含ム γ 固溶體ハ存在スルケレドモ之以上ノ炭素ハ固溶體トシテ鐵ト共棲スル譯ニ行カヌタメ他ノ形ニ於テ顯ハレル。之ガ只今ノ場合ニハ Fe_3C デアルトシヤウ。此炭化鐵ハ鐵ノ原子量 56 並ニ炭素ノ原子量 12 ヨリ

$$\%C = \frac{12}{3 \times 56 + 12} = 6.67$$

トシテ計算セラレル様ニ γ 固溶體ノ最高濃度ヨリハ遙ニ多量ノ炭素ヲ含ム故セメンタイトヲ増シテ或ル程度迄 %C ヲ増加シ得ル譯デアアル。

次ニ炭素ノ含有量ガ 4.3 以上ナラバ BC 線ニ於テ凝固ガ始マリ BD ニ至リテ終ル。此時最初ニ凝固スルモノハ Fe_3C デアツテ 3 ノ領域内ハ Fe_3C 及熔液ノ混合デアアル。而シテ AB 及 BC ノ交點 B ニ於テハ凝固ガ一定ノ温度ニ於テ完了シ合金ノ濃度モ不變デアアル。斯様ニシテ凝固ヲ終リタル 4.3% C ノ合金ハ γ 固溶體ト Fe_3C トノ所謂共晶體¹⁾ デ之ヲ稱シテレデアライト²⁾ ト云フ。

借 γ 固溶體ノ最高含炭量 1.7% ハ $\sim 1130^\circ C$ ニ於ケル數デ温度ガ下レバ之ニ伴テ下ルコト ES 線ノ示ス如クデアアル。又 γ 固

1) Eutectic 2) Ledeburite

溶體ノ存在ハ約 700°C 線以上ニ限ラレ領域 4 ハ γ 固溶體又 5
ハ γ 固溶體ト Fe_3C トノ混合デアル。

尙領域 4 ノ下方ニ 6 及 7 ノ兩面積ヲ劃セルハ前ニ述ベタ様
ニ γ 鐵ガ β トナリ又 α トナルタメニ之等ノ場面内デハ γ 固溶
體ノ外ニ β 又ハ α ノ混在ヲ意味スルノデアル。尙 4 ノ最下點
S ハ炭素量ノ約 0.9% ニ相當スル點デアルガ之ハ 1 ノ最下點 B
ト同ジ様ナ點デアツテ只前ニハ液狀ヨリ化シテ固體トナツタ
ノニ對シテ今ハ固體中デノ變化デアル。即 γ 固溶體ノ濃度ガ
~0.9% C ナル時ハ S ニ於テファーライト及セメンタイトニ分
レ且此變態ハ一定溫度 Ar_1 ニ於テ完結スル。出來タル者ハ上
記ニ成分ノ互ニ密集混合シタ者デ之ハ B 點ノ共晶體ト成立ノ
有様ガ似テ居ル故近重博士ノ様ニ擬共晶¹⁾ ト云フ語ヲ用キヤ
ウ。此混合物ハ普通パーライト²⁾ ト稱セラレル。而シテ 0.9%
ヨリ炭素量ノ少キモノハ α 鐵及パーライトヨリ成リ又之ヨリ
炭素量ノ多イモノハセメンタイト及パーライトヨリ成ル。

上ノ狀態圖ニ於テ炭素鐵熔液カラ凝固シ又ハ γ 固溶體カラ
析出シタ炭素ノ形ガ炭化鐵デアル様ニ述ベタガ之ハ必シモ常
ニ左様デハナク即冷却ノ速度ガ極緩カデアルナラバ幾分ノ炭
化鐵ノ外大部分ガ黒鉛トナリテ顯ハレルコトハ鉄ノ操業ニ
於テ能ク知ラレタ事實デアル。從テ鐵ト黒鉛トノ平衡ヲ示ス
タメニ上ノ狀態圖ヲ修正スルコトガ望マシイノデアルガ黒鉛
ノ場合ニハ炭化鐵ノ場合ヨリモ多少高イ共晶溫度ヲ有テ居

1) Eutectoid

2) Pearlite

モノトシテ E B D 線ガ上ニ動キ從テ之ト交ル諸線ニモ多少ノ
變動ヲ及ス可キデアル。

2. 鋼及鉄鐵ノ組織

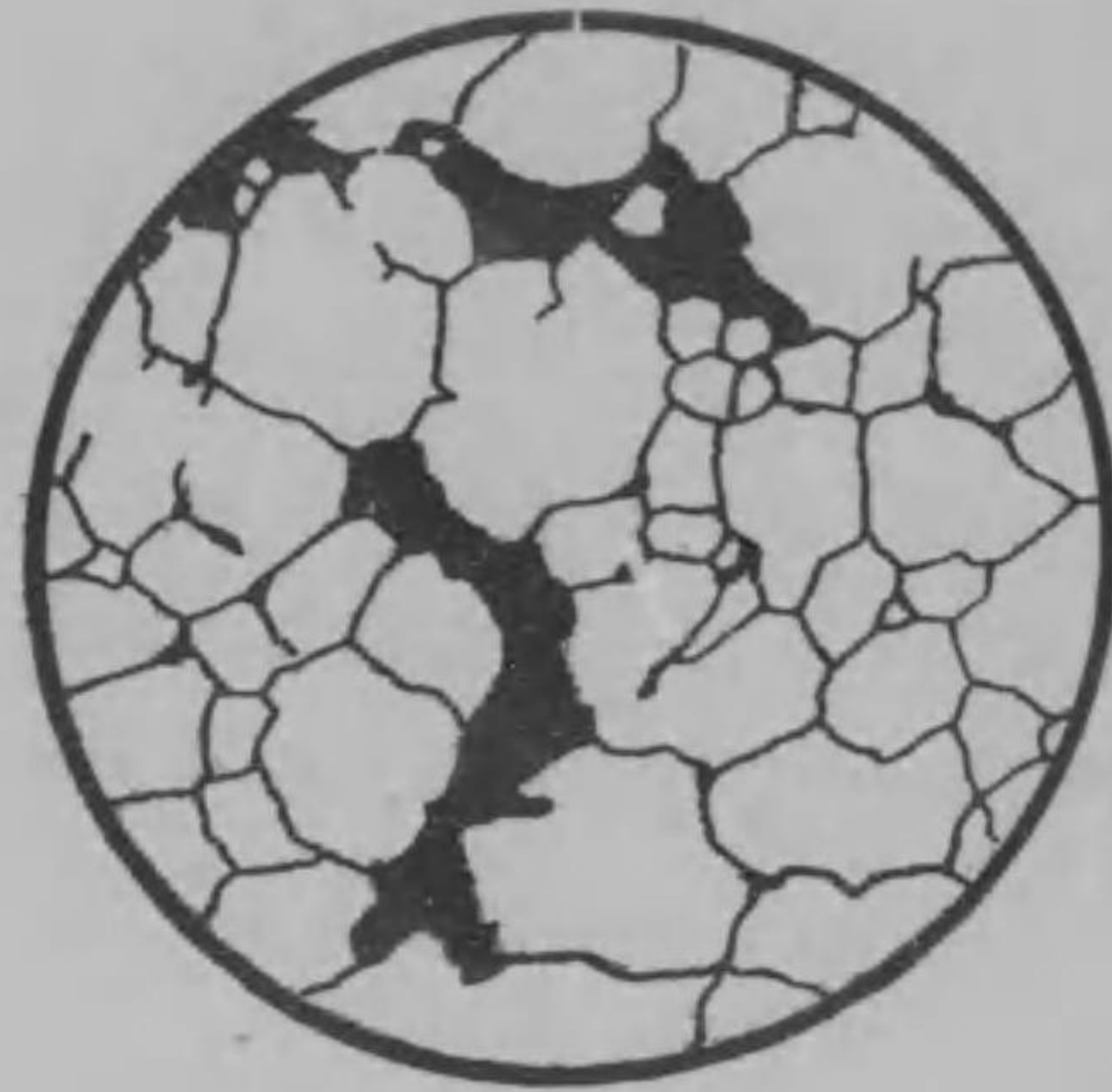
普通ノ鋼鑄物ノ含炭量ハ 0.9% 以下デ且之ヨリ遙ニ炭素量ノ
低イ軟イモノガ多イ。而シテ磷、硫、黃ノ如キ有害ナル物質ノ量
ヲ成ル可ク低ク制限スルカラ其組織ハ大體ニ於テ擬共晶點 (S
點 1 圖) 以下ノ炭素鐵ト同様デ即常溫ニ於ケル普通ノ組織ハフ
アーライト及パーライトヨリ成ル。

之ニ對シテ鉄鐵鑄物ハ重量ニ於テ少クモ 2% ノ炭素ヲ含ミ
普通 3% 前後ヨリ 4% 位デアル。即 1 圖ノ E B 兩點間ニ當ル
カラ常溫デハパーライト中ノ Fe_3C 以外ニ餘分ノ炭素ヲ成ル形
デ含有シテ居ル。此炭素ノ形ガ黒鉛トシテナルカ又ハ化合狀
態ニ在ルカハ凝固冷却ノ速度ノ緩急ニ依ルコト前節ニ述ベタ
様デアルガ尙此外鐵及炭素以外ノ第三者ノ影響モ與ツテ大ナ
ル力ガアル。就中硅素ガ黒鉛ノ遊離ヲ助長スルコトハ能ク知
ラレタル事柄デアル。

斯様ニ硅素ハ黒鉛ノ發生ニ效果大デアルカラ鼠鉄ノ成分中
硅素ノ任務ハ甚ダ重要デアルガ之ニ反シテ白鉄鑄物ニハ硅素
ノ少キ材料ヲ選バネバナラス。倍鐵ハ重量ニ於テ 0-19% 迄ノ
硅素ト固溶體ヲ作ルモノデ¹⁾ 2 圖ハ約 15% Si ヲ含ム鐵合金ノ組
織ヲ示シ即白色ノ粒子ハ鐵ト硅素トノ固溶體デアル。普通ノ
鑄物中ノ硅素ハ素ヨリ斯様ニ多量デハナク多クトモ 3% 餘デ

1) G. Tamman: Metallographie, 264 頁

2 圖



アルガ其數量ヲ顯微鏡ヲ以テ見タフアーライトカラ知ルコトハ出來ヌ。只黒鉛ノ發達ガ之ヲ裏切ル事カラ見當ヲ付ケ得ルニ過ギヌ。

次ニ比較的重要ナル物質ハ滿俺デアアルガ之モ特種材料ヲ除ケバ其量ハ餘リ多クナク普通約 1% 以下デ 2% ヲ超エルコトハナイ。借 Mn ノ一部ハ鐵中ノ硫黃ト結合シテ硫化滿

俺(MnS)ヲ形成シ之ハ檢鏡ニヨリテ其結晶粒子ヲ見分ルコトガ出來ルガ又他ノ部分ハ炭素ト化合シテ Mn_3C ヲ作り此炭化物ハ鐵ノ炭化物 Fe_3C ト共ニセメントイトヲ成ス者ト考ヘラレテ居ル。故ニ硫化物トシテ存在スルモノヲ除ケバ全部ノ滿俺ヲ檢鏡ニ依リテ識別スルコトハ出來ヌ。

鋼中ノ磷ハ材料ノ韌性ヲ減ジ打撃ニ對スル抵抗ヲ弱メル恐ガアルカラ勉メテ其量ヲ制限スル。例ヘバ米國材料試驗協會ノ年報中ニ掲ゲラレタ規準ニ從ヘバ或ル種ノ鑄鋼ニ於ケル磷ノ含有量ハ硫黃ト同様ニ 0.05% 以下ナルベシト定メテアル。之ヲ鋼ノ組織ニ就テ説明スレバ磷化鐵ガ鐵ト固溶體ヲナシテ擴ガリ其害毒ノ全材料ニ及ブノヲ忌ムノデアアル。併シナガラ鑄鐵中ノ磷ハ其量遙ニ多量ナルモ炭素量ノ大ナルタメニ大部分固溶體ヨリ驅逐サレテ別ニ磷化鐵ヲ含ム或ル共晶體ヲ形成

スルタメ固溶體中ノモノハ比較的少量ト考ヘラレテ居ル。一般ニ鑄鐵中ノ共晶體ガ單ニ炭化鐵ノ共晶ナルカ又ハ磷化鐵ヲ含ムカラ腐蝕シタ試料ノ檢鏡ニ依リテ區別スルコトハ困難ナリト見做サレテ居ル。茲デハ鐵中ノ磷ト云フ問題ニ關スル研究資料ノ一トシテステッドノ業績¹⁾ニ注意ヲ惹クニ止メタイト思フ。

鋼ハ勿論普通ノ銑鐵鑄物ニ於テモ硫黃ハ最モ有害ナル物質デアアルカラ其含有量ハ普通少量デアアル。即鑄物中ノ硫黃ハ多クトモ 0.2% 迄トシ通例 0.1% 以下デアアル。而シテ若シ滿俺ガ充分ニアレバ硫黃ハ主ニ MnS ヲ形成スルノデアラウ。併シ之ガ鐵又ハ滿俺ノ何レト化合セルニセヨ其配布ヲ見ルニハ硫黃印畫法²⁾ヲ用キテ着色ノ工合ヲ比較スルノガ頗ル有用デアアル。

以上述べタ所カラ判ル様ニ鋼及銑鐵ヲ組織スル顯微鏡的成分トシテハ大體ニ於テ炭素鐵合金ノ組織ト同様デ之以外ニ加ハル可キ物質ハ磷ノ共晶體及硫化物等デ尙此外ニ若シアレバ鐵滓デアアル。併シ炭素鐵ノ場合ノフアーライトガ純粹ナル α 鐵若クハ微量ノ炭素ヲ含ム固溶體ナルベキニ對シテ只今ノ場合ニハ炭素ノ外硅素及磷ノ少量ヲ含ム固溶體ト解スベク、又前ノセメントイトガ Fe_3C ヲ表ハシタルニ今ハ此外ニ幾分カ滿俺ノ炭化物ヲ含有シテ居ルコトアルベキヲ注意セネバナラス。

1) タトヘバ J. E. Stead: Iron, Carbon, and Phosphorus. Journal of the Iron and Steel Institute, 1915, No. I.

2) Sulphur-printing 一定ノ臭素紙ヲ硫酸ノ水溶液(例ヘバ 3%)ニ浸シオキタル後引上ゲテ生乾キトシ之ヲ試料ノ研磨面ニ合セテ一定時間(例ヘバ一分間)ヲ經過スル時ハ硫黃ノ多少ニヨリテ濃度ヲ異ニスル褐色ノ印畫ガ得ラレ之ヲ普通ノ寫眞ノ様ニ定着シテ保存スルコトガ出來ル。而シテ此操作ハ暗室内ナルヲ要シナイ。

尙序ニ附加ヘテ置ク事ハフアーライト及セメンタイト薄層ノサンドウキツチタルバーライトガ% C ノ0.9ニ相當スルト云フコトヲ述ベタノモ大體ノ標準ヲ示スニ止ルモノデ多少ノ増減ハアルモノト思ハネバナラス。又成分計リデナク其形ニ就テ見ルモ之ハ必シモ薄層狀ニ限ラズシテ時トシテハ粒狀ノガアル。尙層ノ厚サガ一定シナイノモ無論デ即ツノセメンタイト層カラ次ノ層ニ至ル幅ガ0.1-1.0 μ 位ノ差ハ當然ト見做サレテ居ル¹⁾。

3. 顯微鏡寫眞圖ノ實例

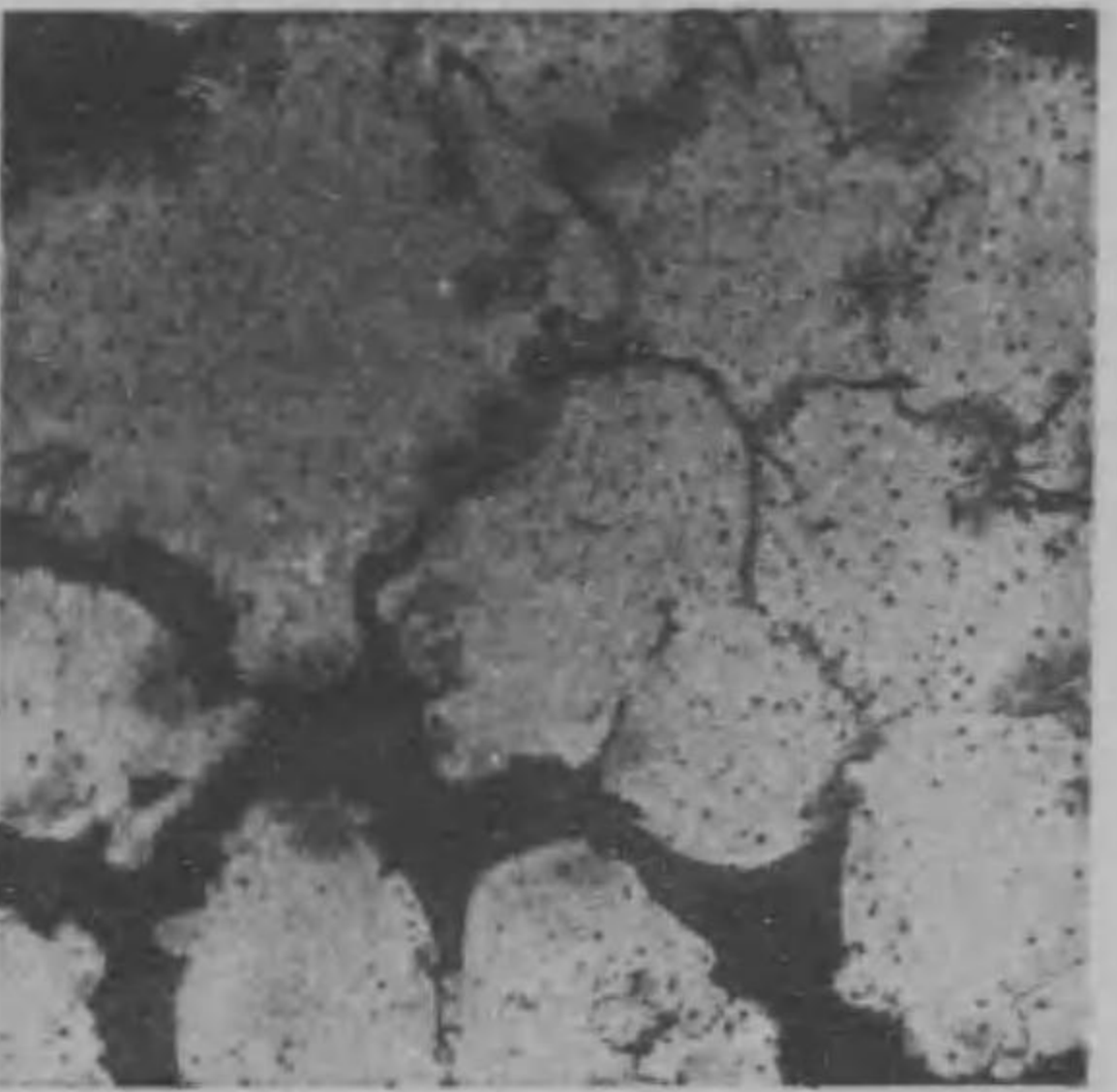
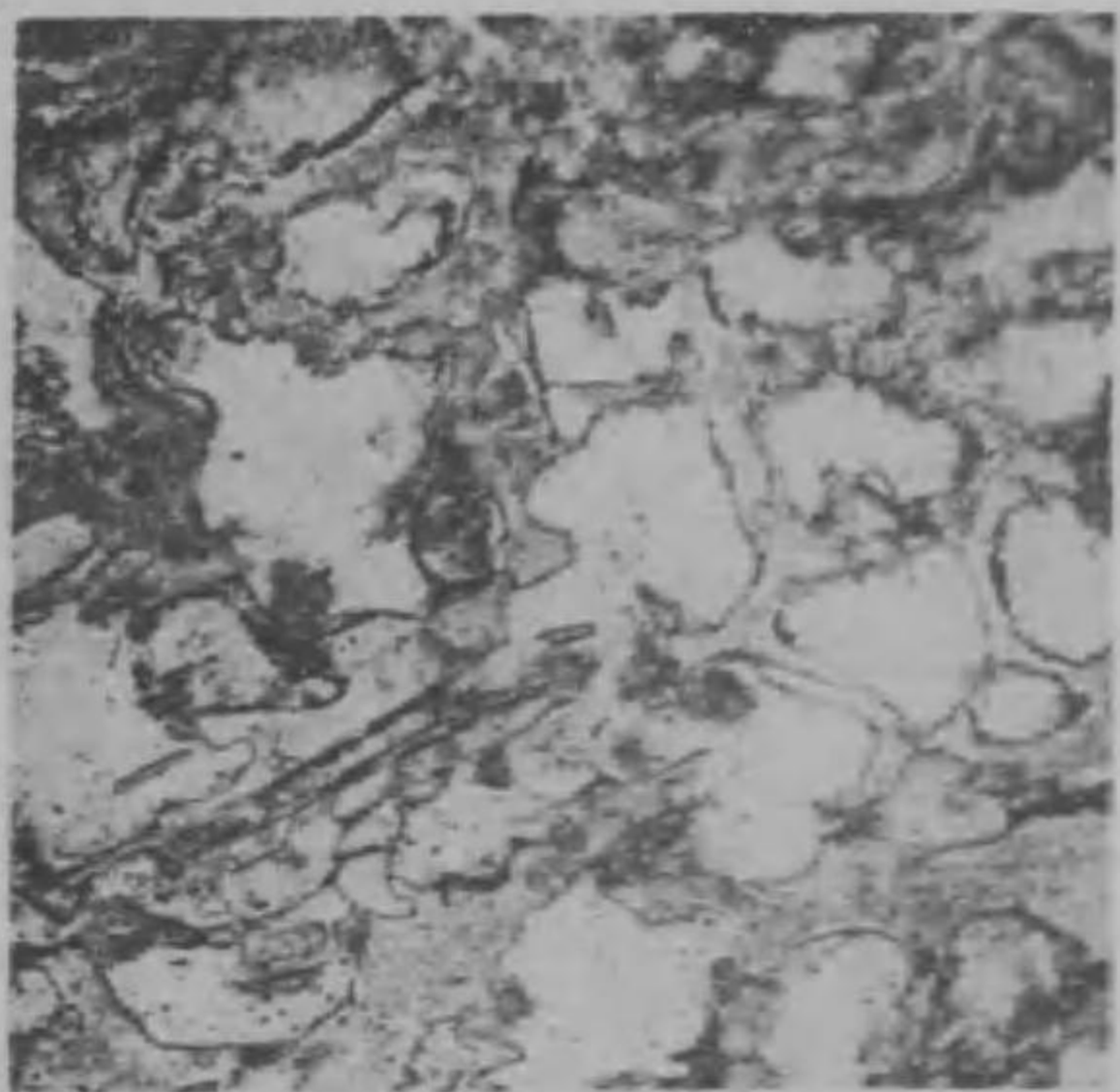
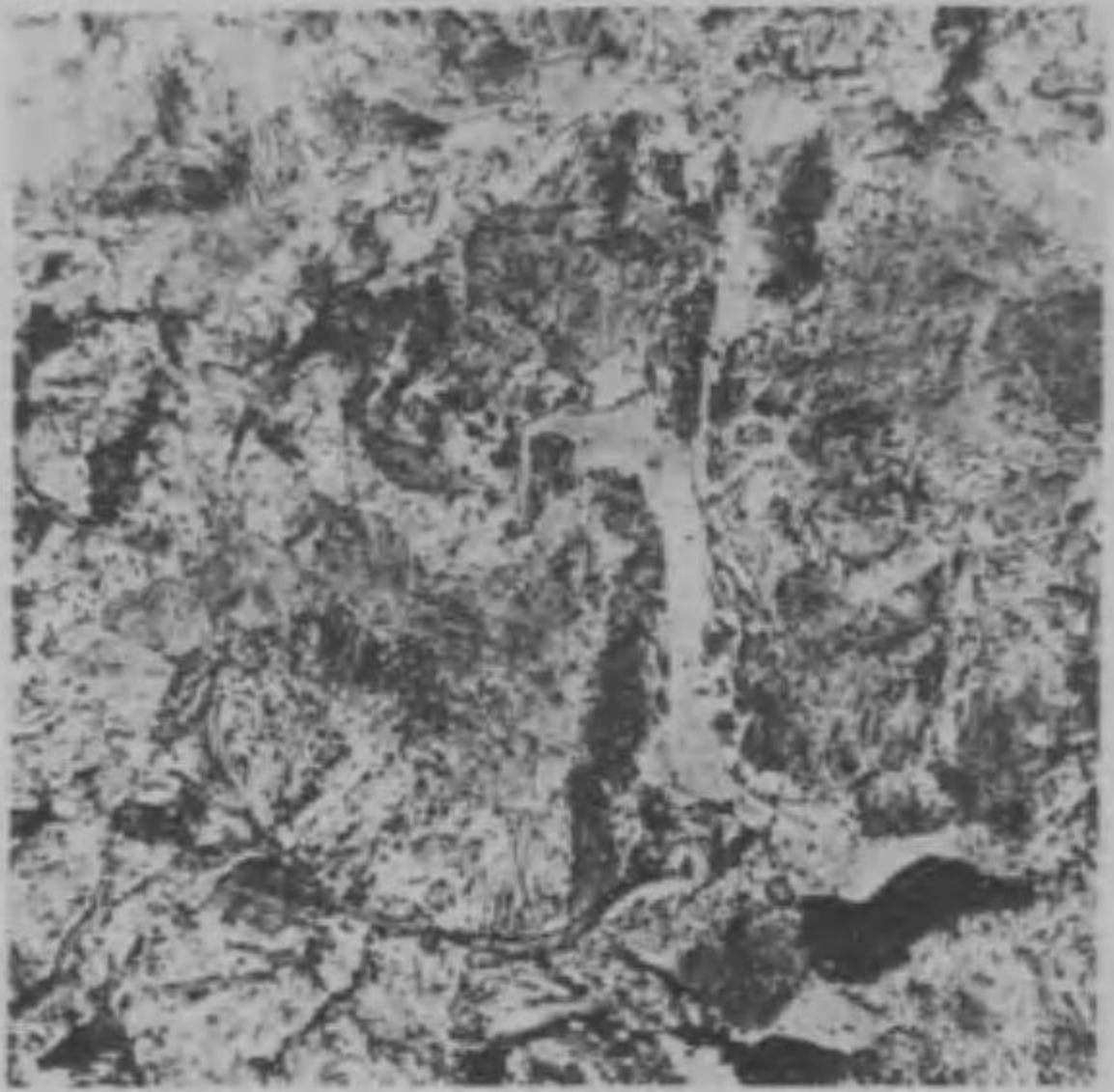
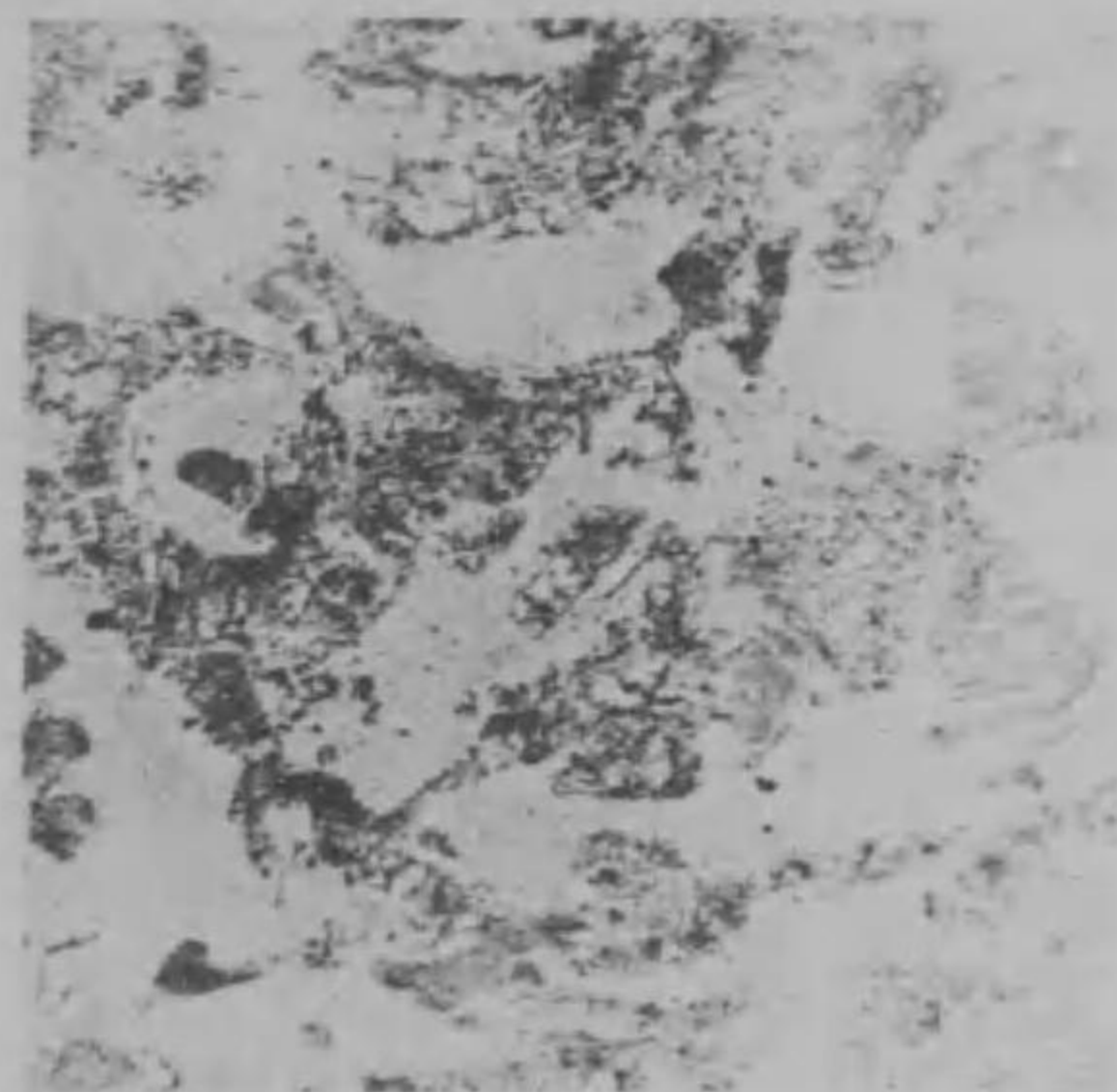
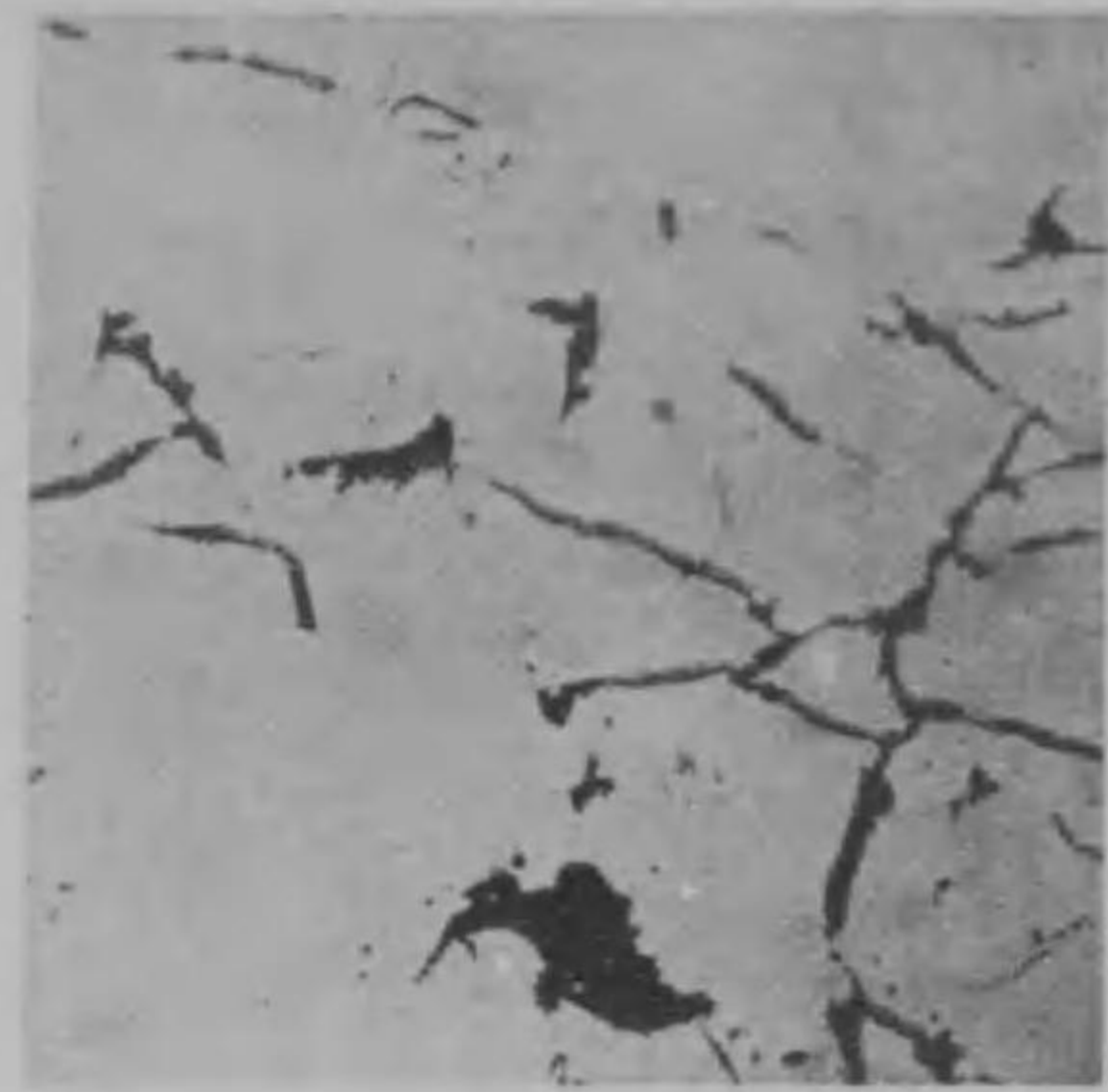
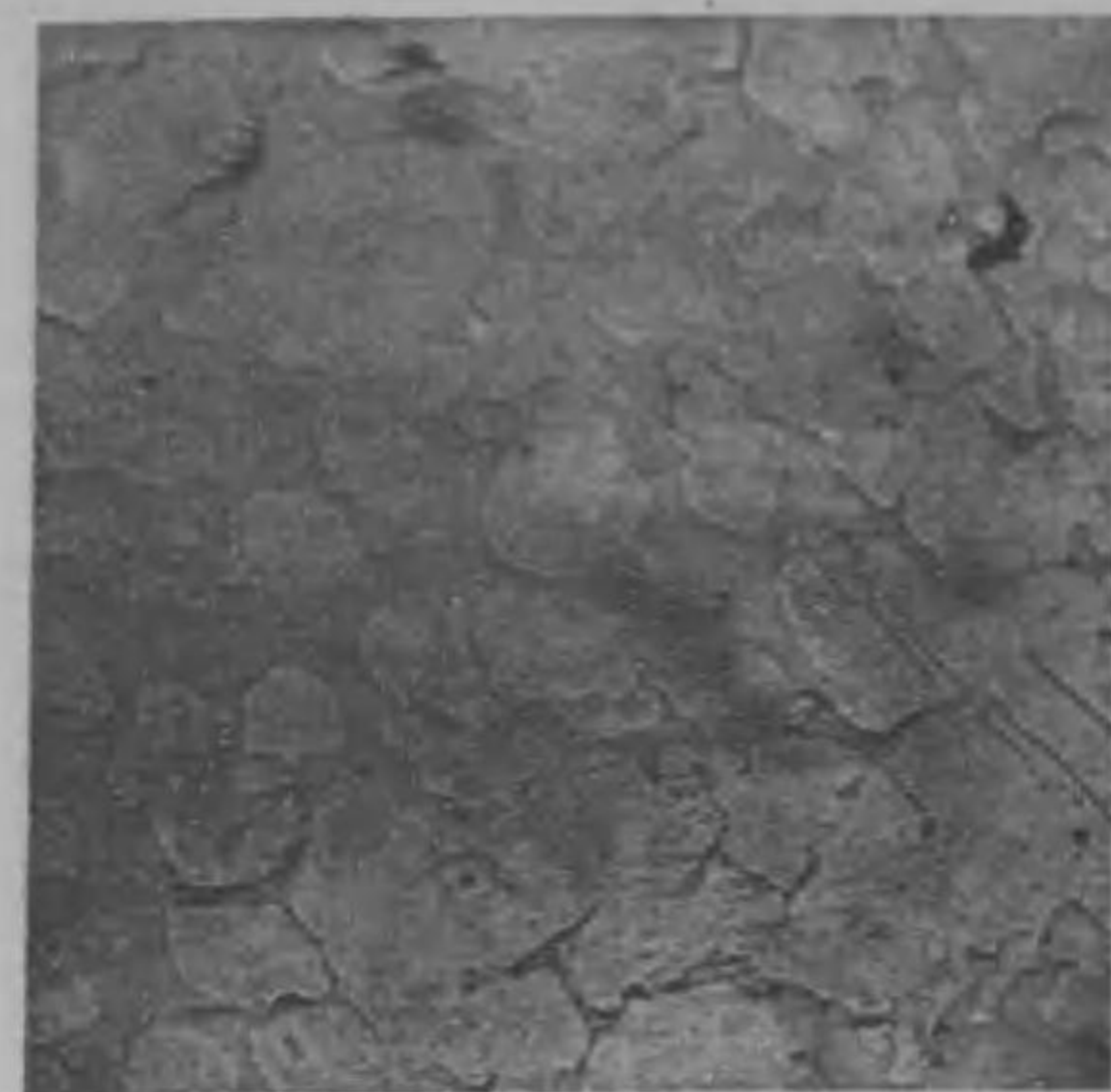
試片ヲ能ク研磨シテ其儘之ヲ顯微鏡下ニ置キ研磨面ニ於テ反射スル光線デ其表面ヲ見レバ鑄物ノ有スル氣泡黒鉛等ガ金屬光ヲ放ツ場面ノ單調ヲ破テ顯レル。然ルニ白鉄ハバーライト及セメンタイトカラ出來テ殆ンド黒鉛ヲ含マス故其研磨面ノ顯微鏡圖ハ3圖ノ様ニ單純デアアル。此方法ニ依ルモ研磨ノ度深ケレバ組織ノ軟硬ニヨリテ自ラ表面ニ高低ヲ生ジ粒子間ノ區劃ガ顯レルモノデアアル。

同様ノ方法ヲ鼠銑ニ就テ施セバ黒鉛層ガ截斷面上ニ宛モ樹枝狀ノ脈ヲナシテ顯レル。4圖ガ即其一例デアアル。

更ニ之等ノ試料ヲピクリン酸ノ酒精溶液²⁾ニテ腐蝕サセテ檢鏡スレバ5圖及ビ6圖ノ如キ組織ガ判然ト出現スルノデアツテ兩圖ヲ通ジテ細ク層ヲナシテ居ル場面即地圖ニ描イタ山

1) Gueltler: Metallographie, Eisen-Kohlenstoff, 254頁. $1\mu=10^{-3}mm$.

2) 1gノピクリン酸ヲ25ccmノアルコールニ溶解スル。



岳ノ様ナ部分又ハ細毛ヲ束ネタル如キ組織ガバーライト又腐蝕サレズニ白ク殘ル所ガセメンタイトデアアル。而シテ6圖中ニハ黒鉛ノ脈ヲ認メル。

尙一層ヨクセメンタイトノ形ヲ顯サシメルタメニハ試料ヲピクリン酸曹達ノ液中¹⁾ニ浸シテ湯煎上ニ熱スルコトニヨリテ7圖及8圖ニ示ス様ニセメンタイトヲ暗黒色ニスルコトガ出來ル。圖ニ於テ比較的白イ部分ハバーライトデアアル。

上ノ兩試料ハ壓延用チルドロールノ表面ニ近キ所ト内部トカラ取ツタモノデ即鑄鐵製ノ鑄型ニ湯ヲ注イデ急冷セラレタロールノ表面ハ白銑トナリ内部ハ徐冷セラレテ鼠銑トナル事ヲ示スモノデアアル。

一般ニ鼠銑中ノ炭素ガ全部黒鉛トシテ出ルノハ特別ノ場合デ普通一部ハ炭化鐵トシテ存在スルノデアアル。夫レ故斯ル組織ハ鋼ニ黒鉛ヲ添加シタノト同様デアツテ此鋼ノ場面ガ擬共晶點以下デモアレバ又以上ニモナル。而シテ同一ノ鑄物内ニ於テモ各部ノ組織ガ齊一デナク一方ニ炭素豐富ナル山岳ガアツテ他方ニ鐵ノ平野ガ擴ガツテ居ルノハ稀デナイ。

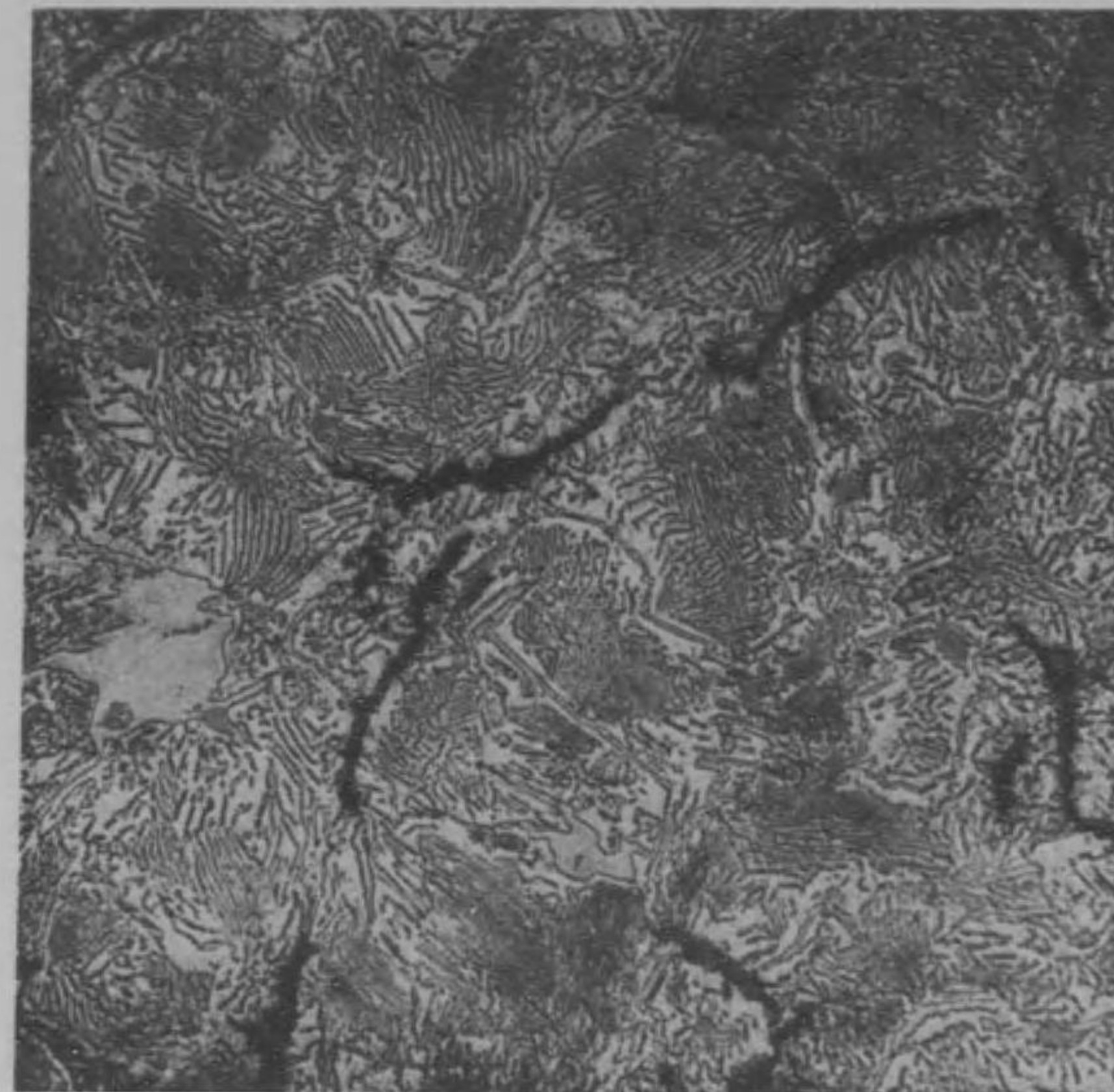
9圖ハ擬共晶點以上ノ鋼ヲ場面トスル鼠銑ノ實例デ稍太キ黒線ハ黒鉛ヲ顯ス。其他ノ全面ハ殆ンドバーライトデアアルガ其間ニ白ク稜ノアルセメンタイトガ顯レテ居ル。其最モ著シイ者ガ圖ノ左方輪廓ニ近イ處ニアル。又10圖ニ示ス鼠銑ハ稍趣ヲ異ニシ即前ノ例ニ比シテ黒鉛ガ太クバーライトノ層ガ概

1) 25gノ苛性曹達ヲ水ノ75ccmニ溶カシ此溶液ノ100ccmニ付ピクリン酸2gヲ加ヘル。

シテ緻密デアル。而シテ此細毛ノ様ナバーライトヲ破テ處々ニ白ク單調ナルフアーライトノ平面ガ出テ即擬共晶以下ノ場面ヲ顯シテ居ル。尤モ同ジ狭イ領域内ノ他ノ部分デハ島嶼ノ如キ共晶的組織ヲ見ルガ之等ノ小部分ハ上ノ説明カラ除外サレネバナラス。

以上述ベタ實例中3圖及4圖ヲ除ケバ何レモ試料ノ研磨面ヲ腐蝕サセテ組織ヲ顯シタガ又時ニハ加熱着色法¹⁾ト稱スル方法ヲ用キル。之ハ試料ヲ熱シテ研磨面ガ酸化物ノ薄層デ蔽ハレル時ハ着色進行ノ度ヲ異ニスルタメ組織ガ自ラ判定サレルノデアル。

1) Heat-tinting 先づ試料ノ表面ヲピクリン酸ノ稀薄ナルアルコール溶液ニテ洗ヒタル後之ヲ水ニテ洗滌シ且能ク乾燥シ次ニ例ヘバ白鐵ノ湯ノ上ニ熱シテ適度ノ着色ガ出來タ時之ヲ取出シ表面ヲ浸サヌ様ニ注意シテ水銀又ハ水テ急ニ冷ス。



II. 鑄鐵ノ性質

4. 機械的諸性質

一般構造用材料ト同様ニ鑄鐵ノ機械的性質トシテ特ニ注意スベキ主ナル項目ハ

1 静力的ノ強サ及彈性

並ニ 2 硬度

デアル。

1ハ静ニ作用スル不變ノ應力ヲ受ケテ材料ガ如何ナル彈性的ノ變形ヲナシ又如何程ノ應力ニ堪エルカラ意味スルモノデ之ハ材料ノ力學ニ於ケル實驗的ノ基礎トシテ必ズ明カニシ置ク可キ項目ノ一デアル。而シテ應力ノ種類ハ牽引、壓縮、彎曲ニ於ケル様ナ垂直應力¹⁾ト捩リニ於ケル如キ剪斷應力²⁾ノ二種デアル。併シ鑄鐵ノ性質ヲ知ルタメニ先ヅ施スベキモノハ牽引及壓縮ノ試験デアツテ之等兩應力ノ下ニ夫々如何ナル變形ヲ起スカラ實驗スルノガ必要デアル。

次ニ2ノ硬度ガ重要ナル性質ナルハ言フ迄モナイ所デアツテ即工作上削旋仕上ゲ等ニ適スルモノトシテハ軟質ノ鑄物ヲ望ムケレドモ又使用中磨損ノ度少キ者ヲ作ルタメニハ相當ニ硬イ材料デナケレバナラヌ。

上ノ兩項目程實際上重要ナモノトハナツテ居ナイケレドモ併シ相當ノ注意ヲ拂フベキ性質トシテ

1) Normal stress

2) Shearing stress

- 3 衝撃ニ對スル強サ
4 繰返應力ニ對スル強サ

ノ二項目ヲ擧グルコトガ出來ル。

一般ニ鑄鐵ハ打擊ニ對スル抵抗ノ弱イ物質トシテ知ラレテ居ルカラ打擊ヤ振動ヲ受ケル構造物ニハ鑄鐵ヲ避ケテ鋼鑄物又ハ鋼ノ鍛造物ヲ使用スルノガ安全デアルコトハ勿論デアル。併シ鑄鐵ト雖或ル程度ノ打擊振動ヲ受ケル場所ニ之ヲ用キル例ハ澤山アル故衝撃ニ對スル強サガ注意スベキ性質ナノモ當然デアル。

又多クノ場合ニ鑄物モ他ノ材料ト同様ニ或ル範圍内デ周期的變化ヲナス所謂繰返應力ノ作用ヲ受ケルノデアルカラ斯ル場合ニ如何ナル強サヲ有スルカラ知ルコトモ亦甚ダ望マシイ事柄デアル。

5. 牽引及壓縮

鑄鐵ノ牽引ニ於ケル弾性及強弱ヲ試験スル目的ニ對シテハ例ヘバ直徑 20mm 測定距離 200mm ノ丸キ試験片ヲ用キルコトガ出來ル。之ヲ牽引試験機ニ取付ケテ荷重ヲ加ヘ之ニ相當スル應力ハ荷重 P ヲ截斷面積 f ニテ除シ即

$$\sigma = \frac{P}{f} \quad (1)$$

トシテ計算スル。又此際引起ス伸ビヲ測ルタメ精粗種々ノ測定器ヲ使用スル。精密ナル測定器械ノ一例ハマルテンス鏡裝置デ之ハ測定距離ノ部分ノ生ズル伸長ガ鏡ノ廻轉ヲ起シ從テ

鏡ニ映ズル尺度ノ讀ミガ移動スルノヲ望遠鏡デ觀ル様ニナツテ居ル¹⁾ 此器械ヲ用キレバ優ニ $10^{-4}mm$ 位ノ小ナル伸ビヲ測ルコトガ出來ルカラ比較的低位應力デ材料ガ如何ニ伸ビルカラ精密ニ實驗シ得ラレルノデアル。

併シ應力ヲ高メテ試験片ヲ破壊ニ至ラシメル場合ニハ上ノ如キ精密器械ヲ取外シテ mm ニ刻ンダ尺度ヲ試験片ニ付ケル。即物差シノ一端ニ設ケタル及先ヲ測定距離ノ一方ノ標線ニ嵌メ他ノ標線ノ位置ヲ物差シノ目盛デ讀ムデ行ケバ宜シイ。

斯様ナル方法ヲ用キテ試験片ノ測定距離ノ生ズル延長ヲ測レバ單位長ノ伸ビハ次ノ如クデアル。

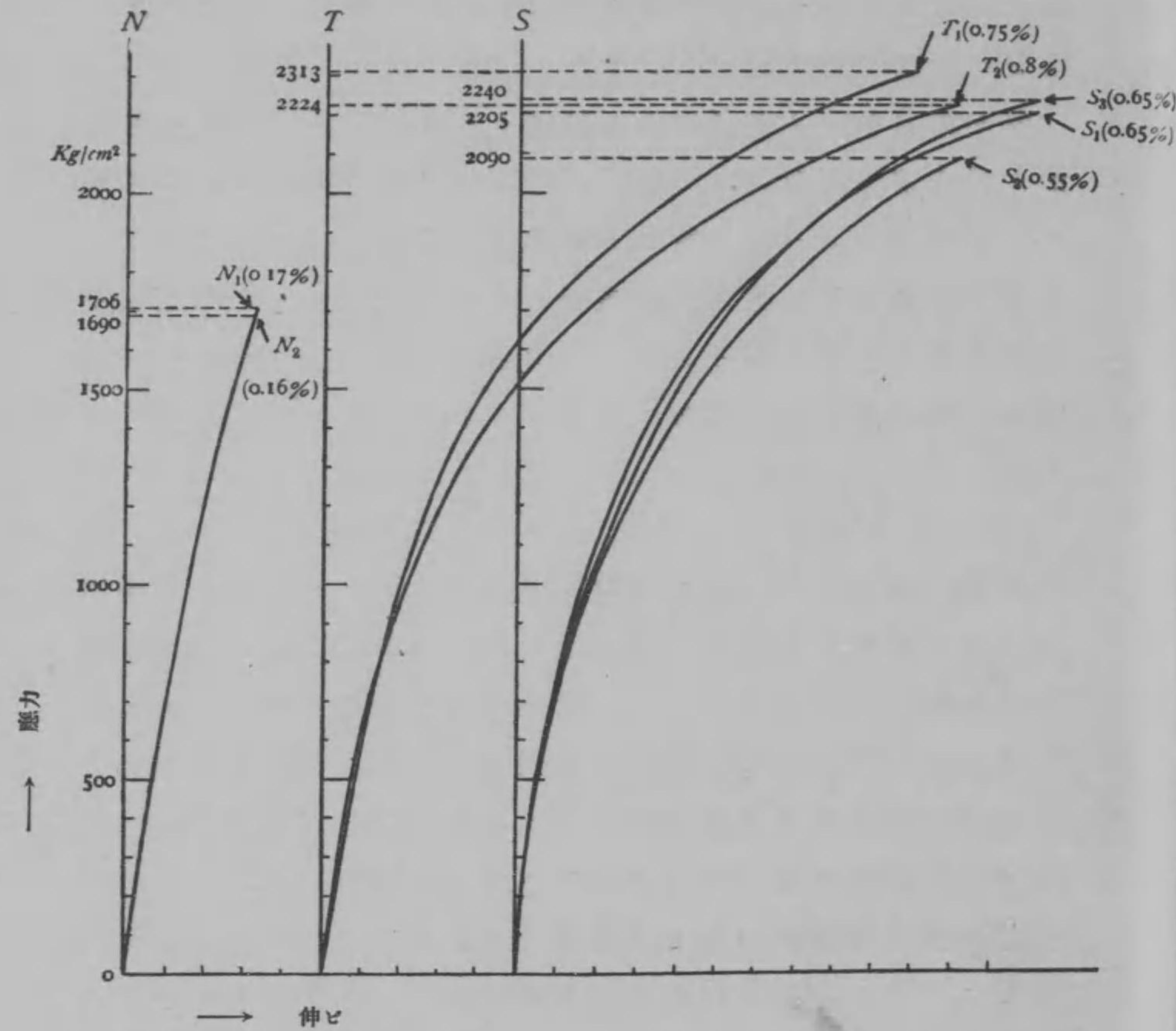
$$\epsilon = \frac{\lambda}{l} \quad (2)$$

倍應力ノ高マルニ連レ試験片單位長ノ伸ビヲ見出シテ兩者ノ關係ヲ線圖トシテ示セバ 11 圖ノ如キ結果ガ得ラレル。此圖ニ於テ縱軸ハ牽引應力ヲ示シ横軸ハ伸ビヲ表ス。一般ニ鑄鐵ニ於テハ應力ト伸ビトノ關係ガ最初カラ直線的デナク即應力ノ増加ヨリモ伸ビノ進ミ方ガ早イタメニ曲線ガ横軸即伸ビノ軸ノ方ニ向テ凹形ヲナスノデアル。

倍 11 圖ノ諸曲線ハ何レモ試験片ガ破壊スル迄ノ全道程ヲ示スモノデアルガ茲ニ注意スベキ點ハ材質ニヨリ曲線ノ形勢ガ大ニ趣ヲ異ニシテ居ル事柄デアツテ即記號 N ヲ以テ示シタ曲線ハ素ヨリ横軸ニ對シテ凹形ナルニハ違ヒナイケレドモ併シ

1) 講演會ノ實驗中ニ此器械ヲ使用シタ故茲テハ詳シイ説明ヲ省略スル。一般讀者ニ對シテハ其内ニ出版ノ計畫ヲシテ居ル材料力學ニ關スル著ヲ參照シテ頂キタイ。

11 圖



餘程直線ニ近い形ヲナシテ居ル。之ニ對シテ Tト記シタ曲線ハ遙ニヨク伸ビ且高イ應力ニ達シテ居ル。又 Sハ Tニ尋デヨク伸ビモシ又應力モ高イ。之等ノ材料ニ就テハ更ニ屢々論ズ

ル積リデアル。

次ニ壓縮ニ於ケル彈性試験ヲナスタメニハ測定距離トシテ普通少クモ 50mm ヲ要シ尙標線外ニ於テ兩端迄相當ノ距離ヲ取り壓縮面ノ影響ガ測定ニ關係シナイ様注意セネバナラス。此時ニハ應力ガ比較的小デアルカラ試験片ガ横ニ倒レル憂少ク從テ細長イ試験片ヲ用キルコトガ出來ル。併シ強弱試験ニ於テハ彎曲ノ起ラヌタメ太短イ形ヲ必要トスル。屢々用キラレル壓縮試験片ハ直徑 2 乃至 3cm 高サガ直徑ニ相等シイ圓柱形デアルガ此試験片ノ形ニ就テハ尙下ニ評論ヲ試ミル積リデアル。壓縮試験ノ曲線ハ茲ニ示サナイケレドモ其形ハ矢張り彎曲ヲナシテ應力ヨリモ縮ミノ方ガ早ク進ムコトヲ示スモノデアル。

鑄鐵ヲ牽引ニ依リテ破壊セシメル時ハ破面ハ何レカノ截斷面ニ起リ即應力ノ方向ト垂直ヲナス。併シ壓縮ノ時ニハ破面ガ力ノ方向ト或ル傾斜ヲナスノデアル。之ハ破壊ノ様式ヲ異ニスルタメ起ル現象ト見ネバナラス。

元來材料破壊ノ法則ハ簡單ナ者デハナイガ只今ノ智識ヲ以テスレバ先ヅ破面ニ生ズル垂直應力及剪斷應力ガ共ニ材料ノ破損ヲ引起ス原因トナルト云フガ一般的ノ説述デアル¹⁾ 而シテ材料ノ種類ニ依リテハ正ノ垂直應力即牽引應力ノ作用デハ忽チ破壊セラレテ即分子ノ結合ガ引離サレルニモ拘ハラズ之ヲ壓セバ比較的高イ荷重デ初メテ亡ルモノガアル。鑄鐵ハ此例デアツテ牽引ノタメニハ容易ニ材料ノ開離ヲ見ルノデアル

1) VI章參照

ガ壓縮ニ際シテハ分子ノ引離サレル心配ガナイ故割合ニ大ナル荷ヲ負フコトガ出來ル。而シテ力ノ方向ニ對シテ或ル傾斜ヲナス面ノ剪斷及垂直(負)ノ兩應力ガ材料ノ性質ニヨリテ定マル一定ノ限度ニ達スレバ茲ニハシリガ生ズルノデアアル。單ニ剪斷應力ノミニ就テ言ヘバ力ノ方向ト 45°ヲナス面デ其最大値ガ生ズルノデアアルカラ若シ剪斷應力ノミガ破損ヲ司ルモノナラバシリノ面ハ軸ト 45°ノ傾斜ヲナスベキ筈デアアルケレドモ多少垂直應力ノ影響ヲ受ケル故普通破面ハ軸ニ對シテ 45°ヨリモ小ナル角ヲナシ即シリ面ノ勾配ガ急ニナルノデアアル。」

牽引試験ニ於テハ試験片ノ截断面ガナルベク一様ニ荷重セラレルタメ試験片ノ軸ガ真直デ荷重法ノ無理ナラス様注意スベキデアアルガ壓縮試験ニ於テハ試験片ノ兩端面ガ正シク軸ニ直角ナルベキハ勿論尙其高サガ實驗ノ結果ニ關係ノアルコトヲ考ヘネバナラス。即試験片ノ形ガ正確デ試験法ガ宜シキヲ得ルトモ高サノ直徑ニ對スル割合ガ異レバ必シモ一定ノ結果ヲ與ヘナイモノデアアル。前述ノ様ニ高サヲ直徑ニ等シクスレバ軸ニ對シテ 45°ノ傾キヲナス面ハ丁度兩端面ノ圓周ニ觸レル様ニ之ヲ作りウルモ之ヨリ急勾配ノシリ面ハ兩端ノ壓縮面ヲ切ル様ニナルカラ從テ自由ナルシリガ妨グラレル。此點ヨリシテ高サヲ直徑ヨリモ多少大ニ一定シタ方ガ宜シイ譯デアアル。

齊シク鑄鐵ト呼ブモ其強サハ種々デアアル。先ツ牽引ノ強サニ就テ見ルニ 11 圖ノ曲線ニ依リテ知ル様ニ最大應力ニ非常ノ相違ガアルガ實ハ此圖ノ N ガ示ス 1700 kg/cm² ハ決シテ弱イ材

料ノ見本ナノデハナク之ヨリモ遙ニ劣ル者ガ澤山アル。斯ル強サノ差異ハ何ニ基クカ。強イ材料ハ如何ニシテ得ラレルカ。之等ノ問題ハ後章ニ述ベルコトトシ茲ニハ只鑄鐵ノ強弱ヲ示ス實例ヲ擧グルニ止メヤウ。尙上ニ示シタ N, T, S 三種材料ノ各種試験成績ヲ摘記スレバ次表ノ如クデアアル。

瓦斯機關シリンダー鑄鐵ノ試験成績

試料記號	N		T		S			
	1	2	1	2	1	2	3	
炭素 %	全量	3.155	2.860	2.965	3.285	3.268		
	黒鉛	2.005	1.860	2.380	2.475	2.331		
	化合	1.150	1.000	0.585	0.810	0.937		
硅素 %		0.999	1.090	0.951	0.990	0.847		
滿俺	"	0.590	0.675	0.665	0.660	0.273		
磷	"	0.370	0.377	0.371	0.382	0.297		
硫黄	"	0.101	0.187	0.100	0.197	0.150		
銅	"	0.140	0.145	0.150	0.160	0.105		
牽引ノ強サ	kg/cm ²	1706	1690	2313	2224	2205	2090	2240
破壊ノ仕事	mkg/cm ³	0.02	0.02	0.13	0.13	0.11	0.08	0.11
ブリネル硬度數		214	213	173	172	205	203	198
備考		試料ハ MAN 社シリンダー外壁ノ一部ヨリトル分析表ハ製鐵所分析科ノ實驗ノ結果ニヨル		田川炭礦瓦斯發電所用機關ノシリンダー材料分析表ハ製鐵所分析科ノ實驗ノ結果ニヨル		製鐵所瓦斯發電所用機關シリンダー鑄造ノ際湯口下底部ヨリトル分析表ハ田邊工學士ノ實驗ノ結果ニヨル		

倍壓縮ニ依ル破壊ガ牽引ノ場合ト全然趣ヲ異ニスル様ニ壓縮ノ強サハ必シモ牽引ノ強サト並行シナイ。詳シク言ヘバ壓縮ノ強サモ亦牽引ノ強サト同様ニ破壊ノ起ル時ノ最大荷重ヲ試験片ノ最初ノ截斷面積ヲ除シテ商デアアルガ之等ノ兩ツノ場合ノ最大應力ガ共ニ優レルト云フコトハ常ニ望マレス事柄デアアル様ニ思ハレル。即牽引ニ於テ強イ者ガ反テ壓縮ニ於テ他ニ一籌ヲ輸スル事ガアル¹⁾

前記 N, T, S 三試料ノ破片ヨリ次表ニ示ス如キ寸法ノ圓柱形試験片ヲ作リテ壓縮シタル結果牽引ノ場合トハ逆ニ N 最モ強ク S 之ニ次ギ T 最モ弱イ成績ヲ得タノデアアル。尙長イ試験片ノ方ガ短イ者ニ比シテ小ナル強サヲ與ヘテ居ル。

壓縮破壊試験

試験片 圓柱形

直徑 約 16 mm

壓縮ノ強サ kg/cm^2

1) 此注意ハ主トシテ本文中ノ實例ノ様ニ性質甚ダ異リタル材料ニ對シテ言ヘルノテ尙他ノ例ヲ舉グレババツハ教授ノ試験成績中 (Bach: Elastizität u. Festigkeit, 六版, 166 頁) 壓縮ノ強サノ牽引ノ強サニ對スル比ガ

$$\frac{7500}{1860} = \sim 4$$

トナツテ居ルニ對シテ之ヨリモ優等ノ材料ニ就テ同氏ノナシタ試験中ニハ次ノ結果ガアル (Z. d. V. d. I. 1901, 169 頁)

$$\frac{8728}{2535} = 3.44, \quad \frac{8094}{2334} = 3.46, \quad \frac{8081}{2261} = 3.57.$$

之ヲ見ルニ強度ノ高イ材料ニ對スル比ハ前ノ場合ヨリモ遙ニ小デアツテ即牽引ノ強サニ比例シテ壓縮ノ強サガ増スモノアナイ事ヲ表シテ居ル。尤モ後ノ種類丈ケニ就テ言ヘバ牽引ノ強サノ大ナルモノガ大ナル壓縮ノ強サヲ有ツテ居ル。

試料記號	N	T	S	
高サ	約 16 mm	9130	7860	8455
	24 mm	8236	7175	8225

6. 應力及伸ビノ關係ヲ示ス方程式

工業上重要ナル可鍛鐵ニ於テハ普通應力ト伸ビトガ正比例ヲナシ即兩者ノ關係ヲ直交座標軸上ニ示セバ直線ヲ表ハサレル。然ルニ鑄鐵ニ於テハ已ニ論ジタ様ニ此規則ニ從ハス。併シ強ヒテ計算ヲ簡單ニスルタメニハ鑄鐵ト雖恰モ直線ノ規則ニ從フモノト見做シテ例ノ如ク

$$\sigma = E\varepsilon \quad (3)$$

ト書クコトガアル。此式ニ於テ σ ハ應力, ε ハ伸ビ(又ハ縮ミ), E ハ彈性係數デアアル。但此式ヲ用キル時ニハ應力ノ範圍ニ依リ多少實際ト異ルモノデアアル事ヲ覺悟セネバナラス。

倍斯様ニ直線ノ法則ニ從ハス場合ニ於テ(3)ニ代ハル可キ他ノ式ヲ書クコトハ出來マイカ。之ガタメニハ例ヘバ多項式ヲ以テ表スノモ一法タルニ相違ナイ。併シ次ノ形ノ式ガ屢々用キラレル。

$$\varepsilon = a\sigma^n \quad (4)$$

此式ニ於テ a 及 n ハ共ニ各材料ニ就キ實驗ノ結果カラ定メラレル可キ常數デアアル。

倍(4)式ガ果シテ目的ニ適スルカラ吟味スルタメニ ε ノ σ ニ對スル微分係數ヲ作レバ

$$\frac{d\varepsilon}{d\sigma} = n a \sigma^{n-1},$$

$$\frac{d^2\epsilon}{d\sigma^2} = n(n-1)\alpha\sigma^{n-2}$$

若シ $n > 1$ ナラバ原點 $\sigma = 0$ ニ於テ

$$\frac{d\epsilon}{d\sigma} = 0$$

又曲線上ノ各點ニ於テ

$$\frac{d^2\epsilon}{d\sigma^2} > 0$$

夫レ故此場合ニハ (σ, ϵ) 曲線ガ原點ニ於テ σ 軸ニ接シ且全體ノ形ハ ϵ 軸ニ對シテ凹形ヲナスノデアアル。從テ原點ニ於テハ式ノ性質ガ實際ヨリモ甚シク相違シテ居ル缺點ハアルケレドモ之ハ原點丈ケデ少シク之ヲ遠カレバ大體ニ於テ差支ハナイ故(4)式ヲ以テ略鑄鐵ノ應力及伸ビノ關係ヲ示スコトガ出來ル。素ヨリ精密ナル一致ハ此式ニヨリテ望ムベキデハナイ。

α 及ビ n ノ數值ヲ示スタメニ下ニ二三ノ實例ヲ引用シヤウ。但 σ ハ kg/cm^2 ニテ計ルモノトスル。

試料	1/a	n	方程式ノ有效範圍
N 1	1 648 000	1.028	$\sigma \leq 852$
T 1	1 532 000	1.029	$\sigma \leq 632$
S 1	1 785 000	1.054	$\sigma \leq 630$

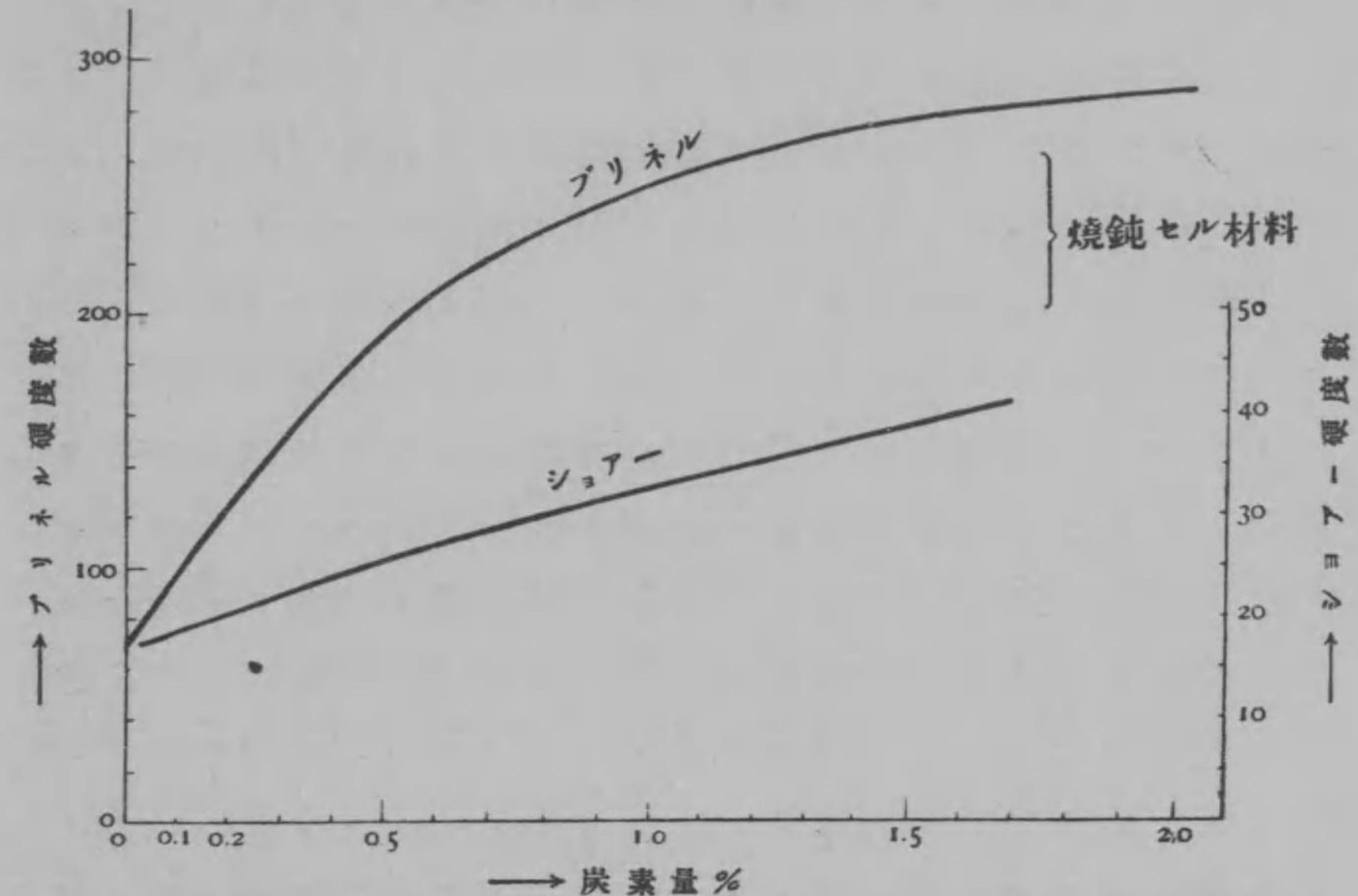
α 及ビ n ハ同一出處ノ試料ニ就テ實驗シテモ其値ガ多少ノ變動ヲ免レヌ。

7. 組織ト硬サ

鑄鐵ノ組織ト其硬サトノ間ニハ推察ニ難カラザル關係ヲ認

メルコトガ出來ル。元來フアーライトハ極軟イ物質デアアルガ(尤モ其中ニ溶カサレテ居ル C, Si 等ノタメニ硬サモ一定シナイ筈デアアル)硬イセメントイトノ薄片ト共ニ集積シテ出來テ居ルフアーライトハ兩者ノ中間ニ位スル硬サヲ有シテ居ル。今フアーライトニセメントイトヲ混ジタ擬共晶點以上ノ鋼乃至ハ白銑ヲ生ゼシムルナラバ其硬サガセメントイトノ量ト共ニ増加スルコトハ當然デアアル。即12圖ハ %Cヲ横ニ取り、フリネル並ニ

12 圖



シヨアー硬度數ヲ縦ニ表ハシタ鋼ニ對スル線圖デ最初炭素量ガ 0.9% ニ達スル迄ハ %Cト共ニフアーライトニ對スルフアーライトノ量ガ増ス故¹⁾ 次第ニ硬サヲ高メ更ニ進ミテ Cガ 0.9%

1) Cトフアーライト量トノ關係ニ就テハハイン教授ノ實驗ノ結果ガアル。Zeitschrift für Elektrochemie, 10. Jahrg. 1904, 493 頁。

以上トナレバ前述ノ様ニセメントイトノ量ガ増ス故更ニ或程度迄硬サガ高マルノデアアル¹⁾。

此圖ハ鋼ニ對スルモノデアアルガ鋼ノ延長ト見ル可キ白銑モ其中ノ化合炭素量ト共ニ硬サヲ増スベキデアアル。

尙銑鐵中ニハレテフライトノ出現ヲ見ルコトガアル。之モセメントイトニ相當シテ硬イ物質デアアルカラスル組織ヲ有スル鑄物ハ自然硬イ筈デアアル。又 Mn ガ或ル程度迄鐵ノ硬サヲ増ス事モ能ク知ラレタ事柄デアアル。

硬サヲ必要トスル鑄物例ヘバ壓延用ニ供セラレル或ル種ノロールニ於テハ冷剛法ニヨリテ其表面ヲ白銑ニスル。之ガタメニ鑄鐵製ノ鑄型ヲ用キ之ニ湯ヲ注ギテ急冷ヲ起サシメ已ニ示シタ 5 圖ノ如キ組織ヲ生ゼシメル。前ニモ述べタ様ニ黑鉛ハ冷却ノ緩徐ナル外炭素及硅素ノ量ガ相應ニ豊富ナル事ヲ必要ノ條件トスル故上記ノ所謂チルド鑄物ノ如ク黑鉛ノ發達ヲ妨止セントスル場合ニハ素ヨリ湯ノ溫度ヲ低クシテ放散スベキ熱量ヲ減ジ且鑄型ノ大サヲ適當ニシテ熱ノ傳導ヲ速カナラシメル事ヲ必要トスル外其成分中ノ炭素及硅素ガ或ル程度以下ナル事ガ望マシイノデアアル。從テチルドロールノ製造ニハ鑄鐵ノ成分ニ應ジテ若干量ノ熔鐵屑ヲ混熔シテ炭素及硅素ノ量ヲ減ズルノデアアル。試ニチルドロール分析ノ實例ヲ見ルニ次表ノ如キ割合ヲ示シテ居ル²⁾

1) 12 圖ハ Howe ノ Metallurgy of Steel and Cast Iron 中ニ掲ゲタ表カラ作リタ者デアアル。

2) Stahl u. Eisen, 1906, 1260 頁。

チルドロールノ成分

炭素 %	2.8 - 3.0
硅素 "	0.6 - 1.0
滿俺 "	0.4 - 0.9
磷 "	0.4 - 0.6
硫黃 "	0.1

次ニ硬サヲ要シナイ場合ニハ或ル程度迄黑鉛ヲ發達サセテ鼠銑ノ組織ヲ生ゼシメ丁度削旋仕上ゲ等ニ適スル軟サヲ與ヘルノガ望マシイ。チルド鑄物ニ於テモ硬サヲ不必要トスル部分ハ砂型ヲ用キル故比較的軟ク又金型ノ部分モ内部ハ冷却ガ遅イ故鼠銑ニナル。前ニ掲ゲタ 6 圖ハ其一例デアアル。

鼠銑中ノ化合炭素量ハ多クとも 1% ヲ出ルコト小デアツテ其硬サヲ同ジ炭素量ノ燒鈍セル鋼ノ硬サト比較スレバ之ヨリモ低イノガ通例デアアルガ其理ハ銑鐵ノ組織中ナル黑鉛ガ軟滑ナル物質デアツテ外物ノ進入ニ對スル抵抗ヲ弱メルカラデアアル。19 頁ニ示シタ表中ノ各試料ニ就キ其化合炭素量ト硬サトノ關係ヲ見テ之ヲ 12 圖ノ線圖ト比較スレバ斯般ノ消息ヲ會得スルコトガ出來ル。

8. 衝擊ニ對スル強サ

鑄鐵ノ打擊ニ對スル抵抗ノ大小ヲ比較スル一ツノ方法トシテシヤーポー式振子衝擊試験機ヲ用キ一定形狀ノ試験片ヲ破壊スルニ要スル勢力ヲ測定スル事ガ出來ル。即水平軸ノ周リ

ニ摩擦ナシニ廻轉シ得ル振子形ノ錘アリテ其刃先ヲ以テ有溝試験片ノ背後ヲ打ツノデアアル。試験片トシテハ普通一邊ノ長サ 30 mm ノ正方形断面ヲ有スル長サ 160 mm ノ角棒ヲ用キ其中中央ニ於テ丁度中心線ニ接スル様ナ直径 4 mm ノ圓孔ヲ穿テ之ヲ細キ溝デ棒ノ一側面ニ開口セシメル。此試験片ヲ中間距離 120 mm ノ支持臺上ニ据エテ前述ノ様ニ溝ト反對ノ側面ヲ落下シ來ル錘デ打ツ。今錘ノ最初ノ高サト破壊後飛上ル高サトヲ測リテ試験片ヲ破壊スル前後ノ勢力ヲ計算シ其差ヲ求ムレバ之ガ破壊ノ仕事デアアル。此仕事量ヲ破面ノ面積即 4.5 cm²ニテ除セバ打撃ニ對スル抵抗ヲ比較スル或ル數値ガ得ラレル。

併シ試験片ノ寸法ヲ斯様ニ大ナラシメ得ザル場合ニハ小ナル試験片ヲ作り從テ之ニ適應シタ小形ノ試験機ヲ用キネバナラス。著者ハ N, T (前出) 二種ノ鑄鐵ヲ比較スルタメニ一邊ノ長サ 12 mm ノ正方形断面ヲ有シ長サ 90 mm ノ角棒ヲ作り其中中央ニ深サ 2 mm 角度 45° ノ三角形ノ溝ヲ切リテ之ヲ 10 mkg 振子衝撃試験機ノ中間距離 70 mm ノ支點上ニ安置シテ試験ヲ行ツタ結果次表ノ如キ數値ヲ得タ。

鑄鐵ノ衝撃試験

試料記號	破壊ノ仕事 cmkg/cm ²	備考
N	17.9	7本ノ平均
T	34.5	5本ノ平均

之等兩材料ノ牽引試験成績ハ已ニ示シタ如クデアツテ即靜力的試験ニ依ル破壊ノ仕事量ハ N 0.02 mkg/cm², T 0.13 mkg/cm²デアアル。斯様ニ T ハ N ノ 6 倍以上ノ仕事量ヲ要シタニ拘ハラズ

今上ノ打撃試験ノ成績ヲ見ルニ 2 倍ニ足ラヌ結果ヲ示シテ居ル。茲ニ於テ衝撃試験ノ必要ヲ感ズル次第デアアル。

9. 繰返應力ニ對スル強サ

鑄鐵試験片ニ例ヘバ正負兩極限值ノ間ニ又ハ零ヨリ正ノ極限值ノ間ニ於テ絶エズ變化ヲ反覆スル應力ヲ繰返サシメル時ハ他ノ一般材料同様ニ靜力的試験ノ時ヨリモ遙ニ小ナル最大應力デ破壊ヲ惹起スノデアアル。今種々ノ應力ノ範圍ニ對シテ破壊ニ至ル迄ノ繰返數ヲ實驗スレバ非常ニ大ナル繰返數ニ堪エ得ル最大ノ應力範圍ヲ決定スル事ガ出來ル。

斯ル應力ノ範圍ガ鑄鐵ノ組織ト如何ナル關係ヲ有スルカ、又應力ガ断面ニ均一ニ配布セラレル場合(牽引及壓縮)ト或ル法則ニ從ヒテ變ゼラレル場合(彎曲)トニヨリテ上ノ最大應力範圍ガ異ルカ等ノ問題ハ實際上興味アル事柄デアアルガ著者ハ未ダ之等ニ對シテ充分ノ説明ヲ與ヘウル實驗的ノ材料ヲ有ツテ居ラヌノデアアル。只後ノ問題ニ關シテ著者ノ實驗室ニ於ケル多少ノ經驗ニ依レバ彎曲試験片ハ略同程度ノ應力範圍ニ在ル牽引試験片ヨリモ多數ノ繰返シニ堪エル様デアアル。

10. 高溫度ニ於ケル強サ

是迄出テ居ル研究ノ結果ニ依レバ鑄鐵ノ強サハ約 300°C 迄ハ餘リ變化ナキモ夫レヨリ高溫度ニナレバ次第ニ強サガ減ズルノデアアル。即ハツハ教授ノ實驗ノ結果ハ次ノ如クデアアル。

溫度 °C	牽引ノ強サ kg/cm ²	強サノ減少 %
20	2362	—
300	2335	1.1
400	2177	7.8
500	1793	24.1
570	1230	47.9

此表ニ示ス例ハ常溫ノ強サガ2362ト云フ高イ數ニ達シテ居ルカラ強靱ナル性質ヲ有ツタ材料ト考ヘル可キデアアル。

11. 鑄物ノ生長

銑鐵鑄物ヲ變態溫度ヲ過ギテ赤熱スルコト屢々ナルカ又ハ長時間ニ及ブ時ハ漸次其容積ヲ擴大シテ原形ノ幾割ヲ増スコト敢テ珍シクナイ。斯クテ劇シキニ至レバ龜裂ヲ生ジ材料ノ破壊ヲサヘ生ズルノデアアル。此現象ヲ生長¹⁾ト呼ブケレドモ實ハ適當ナル名稱デハナイ。即之ハ材質ノ改善ヲ意味セズシテ前述ノ様ニ惡變ヲ起スモノデアアルカラ斯ル生長ハ成ル可ク之ヲ避ケナケレバナラス。

楮此現象ハ硅素ニ富ミ黒鉛ノ發達セル材料ニ於テ著シク又空氣ト接觸シテ起ルカラ恐ク黒鉛層ニ沿ヒテ進入スル空氣中ノ酸素ガ酸化作用ヲ逞クスルタメデアラウト言ハレテ居ル。實驗ノ結果ニ依レバ炭素及ビ硅素ノ含有量高カラザル破面白色ノ銑鐵即チ黒鉛ノ量小ナルモノガ比較的此作用ヲ蒙ルコトガ

1) Growth 此問題ニ關聯シテハ尙V章ニ述ベル膨脹及收縮ノ實驗ノ結果ヲ參照シテ頂キタイ

少イ。又可鍛鑄物ノ様ニ遊離炭素ガ小塊トナリテ點在スル場合ニハ酸化作用ニ必要ナル空氣ノ進入スル道ガ塞ツテ居ル故生長ヲ起スコト少ナイ譯デアアル。

茲ニ附記シテ置キタイト思フノハ生長ニ對スル溫度ノ關係デアアル。即種々ノ實驗ノ中或ル研究ノ結果ニ依レバ¹⁾730°Cニ於ケル生長ハ殆ンド最大ノ値ニ近ク之ヨリ溫度ヲ高メテモ生長ノ増加ハ甚ダ小デアルトノ事デアアルガ他ノ成績ニ依レバ²⁾750°Cヨリモ900°Cニ於テ行ツタ實驗ノ方ガ遙ニ大ナル生長ヲ顯シタノデアアル。

12. 耐酸性

鑄鐵ニ取リテ耐酸性ハ屢々重要ナル性質トナル。酸ニ對スル抵抗ノ極メテ大ナル者ヲ作ラウトスレバ硅素ガ13~15%ニ達スル鐵ヲ用キル。斯ル材料ノ組織ハ2圖ノ顯微鏡圖デ見ル様ニ殆ンド全面ガ鐵ト硅素トノ固溶體カラ出來テ居ル粒子ノ集團デアアル。此種ノ耐酸鑄物ニハ特種ノ名稱ヲ附シテ市場ニ紹介サレテ居ルモノガアル。試ニ其一種 Durironノ化學成分ヲ舉グレバ次ノ如クデアアル³⁾

C	Si	Mn	P	S
0.20—0.60	14.00—14.50	0.25—0.35	0.16—0.20	0.05

併シ此種ノ硅素鐵ハ其質甚ダ硬クシテ且脆イ故工作上頗ル困難デアアル。若シ普通鑄物デ多少酸ニ對スル抵抗ノ大ナルモ

1) Rugan 及 Carpenter 兩氏。

2) 櫻井秀三氏卒業論文(九州大學)。

3) Moldenke : Principles of Iron Founding, 1917, 172頁。

ノヲ以テ満足セントスル場合ニハ次ノ如キ配合ガアル¹⁾.

C	Si	Mn	P	S
3.2	1.7	0.8	0.15	0.03—0.04

著者ハ此配合ニ近イ次ノ如キ材料ニ就テ耐酸試験ヲ行ツタ.

C	Si	Mn	P	S
3.13	2.11	0.87	0.121	0.025

即此試料及普通鑄鐵ヨリ圓柱形ノ試験片ヲ作り之ヲ1%ノ硫酸溶液中ニ浸シ置キテ時間ト共ニ重量ノ減少ヲ測定シタ. 此結果ニ依レバ材質ニ注意ヲ加ヘレバ可ナリ耐酸性ガ善クナル事ガ判ル. 此實驗材料ノ調製ハ製鐵所景山技師ノ好意ニ依ル.

材料ノ耐酸性ハ腐蝕セントスル液體ガ材料ノ表面ニ沿ヒテ流動スル速サ並ニ變化ノ起ル間ノ溫度ガ頗ル大ナル關係ヲ有スルモノデアツテ速度大デ溫度高ケレバ腐蝕モ亦大デアル. 例ヘバ蒸汽管ニテ氣温ノ高メラレテ居ル坑内ニ於テ流動セル酸性ノ水ニ浸サレテ其表面ヲ洗ハレル金屬材料ノ如キハ一般ニ驚ク可キ速サデ腐蝕ヲ起スモノデアル. 此點ハ實驗室ニ於テモ注意スベキ事柄デアル.

1) Hütte : Taschenbuch für Eisenhüttenleute, 1910, 621頁.

III. 彎曲及ビ振リ

13. 彎曲ニヨリテ生ズル應力ノ配布

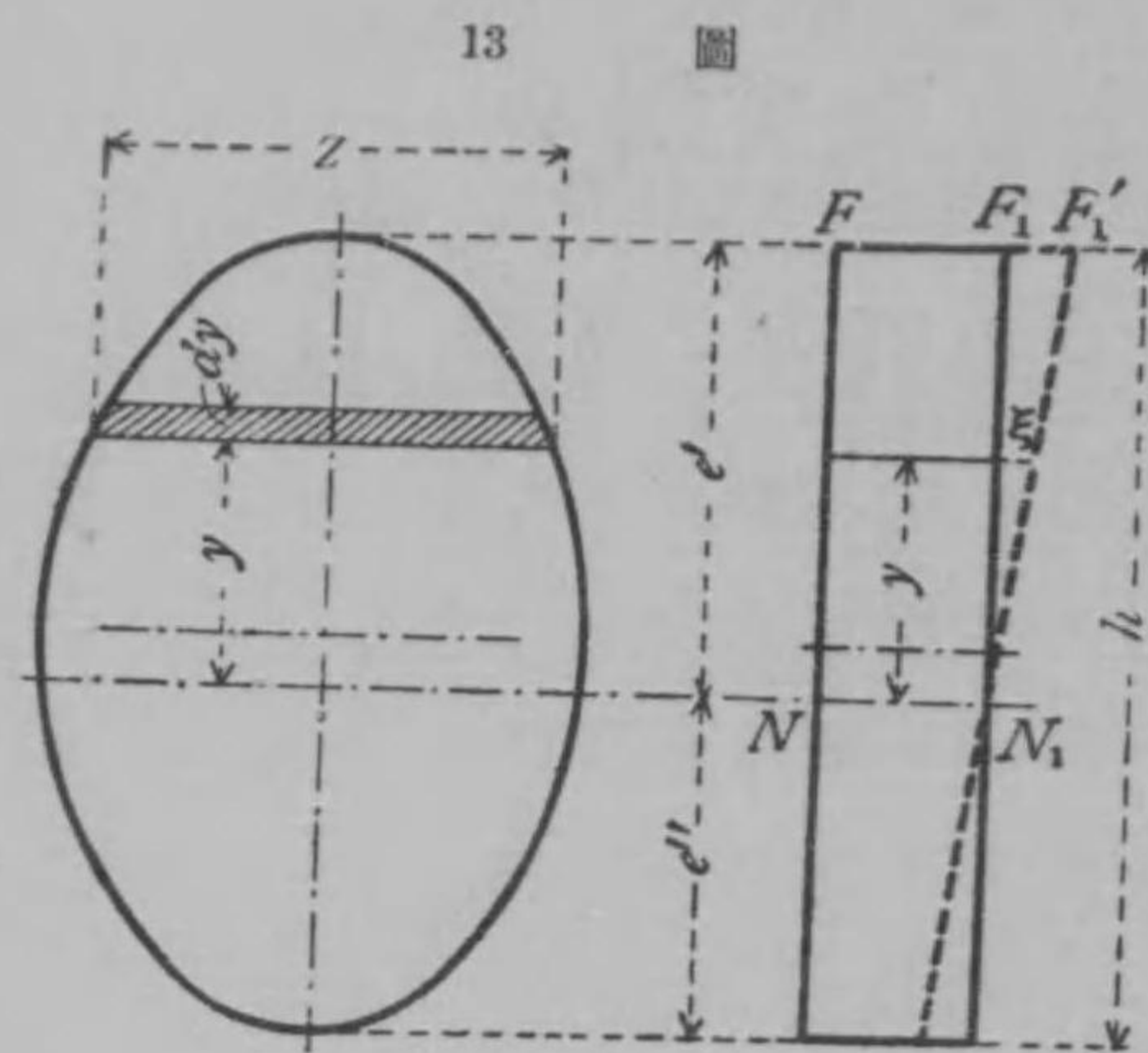
5節ニ述ベタ様ニ鑄鐵ヲ引キ又ハ壓シタ場合ニ生ズル應力及ビ伸ビ(又ハ縮ミ)ハ正比例ノ法則ニ從ハヌ. 夫レ故 M_b ナル彎曲モーメントノ作用スル棒ノ一断面(慣性能率 I , 中立軸ヨリノ最長距離 e)ニ生ズル最大應力ヲ普通ノ式即

$$\sigma = \frac{M_b e}{I} \quad (5)$$

ニテ計算スル事ハ σ ノ大ナラザル間ニノミ稍真ニ近ク荷重ノ進ムニ從テ甚シク實際ト相違スル結果ヲ與ヘルモノデアル. 依テ應力及ビ伸ビ(又ハ縮ミ)ガ正比例ヲナサバ場合ニ断面上ノ應力配布ヲ論ズル必要ヲ生ズルノデアル. 之ガタメニ次ノ假定ヲ設ケヤウ.

1. 截断面ノ任意ノ一點ニ於テ之ニ直角ナル方向ニ生ズル應力及ビ伸ビ(又ハ縮ミ)ハ同ジ材料ヲ單ニ引キ又ハ壓シタ時ト同ジ關係ヲ保ツ.
2. 截断面ハ變形後ト雖依然軸線ニ直角ナル平面ヲナス.
3. 外力ハ截断面ノ相稱軸ヲ含ム平面中ニ作用シ從テ中立軸ハ此平面ニ對シテ直角ノ方向ヲ取ル.

13圖ニ於テ F, F_1 ハ變形前ノ相接近シタ二断面ヲ示スモノトスル. 今圖ノ平面中ニ作用スル外力ヲ受ケテ生ズル變形後ノ兩断面相互ノ位置ハ上述シタ 2,3 ノ假定ニヨリテ F, F_1' ノ如ク



ナル。但シ中立軸ハ圖ノ面ニ直角デアツテ其位置ハ一般ニ断面ノ中心軸ト一致シナイ。偕 NN₁ ヲリ Y ナル距離ニアル任意ノ層デハ最初ノ長サ FF₁ ガ ξ 丈ケノ延長ヲ受ケル。断面ノ頂部 y = e' ニ對シテハ ξ = ξ' トシ 又底部 y = -e'' ニ對シテハ ξ = -ξ''

トスル。 e'' モ ξ'' モ共ニ絶對値デアル。然ル時ハ

$$\frac{y}{\xi} = \frac{e'}{\xi'} = \frac{e''}{\xi''}$$

即 e' + e'' = h トスレバ

$$\frac{y}{\xi} = \frac{e' + e''}{\xi' + \xi''} = \frac{h}{\xi' + \xi''}$$

最後ノ式ノ分母ヲ NN₁ ニテ除シ且

$$\frac{\xi}{NN_1} = \epsilon, \quad \frac{\xi'}{NN_1} = \epsilon', \quad \frac{\xi''}{NN_1} = \epsilon''$$

ト記セバ

$$\frac{y}{\epsilon} = \frac{h}{\epsilon' + \epsilon''}$$

而シテ

$$e' + e'' = a \tag{6}$$

ト置ケバ

$$\frac{y}{\epsilon} = \frac{h}{a}$$

從テ

$$\left. \begin{aligned} y &= \frac{h}{a} \epsilon, \\ dy &= \frac{h}{a} d\epsilon. \end{aligned} \right\} \tag{7}$$

之ヲ見ルニ $\frac{h}{a}$ ハ一断面中ノ各點ニ於テ不變ノ數デアルカラ ε ハ y = 正比例スル。

次ニ力ノ平衡ノ理ニヨリテ棒ノ軸ノ方向ニ σ ノ生ズル力ノ總和ハ零トナリ、又中立軸ノ周リニ σ ノ引起スモーメントハ偶力 M_b ニ等シカル可キ筈デアル。之ヲ式ニ書ケバ

$$\text{及 } \left. \begin{aligned} \int_{-e''}^{e'} \sigma z dy &= 0, \\ \int_{-e''}^{e'} \sigma z y dy &= M_b. \end{aligned} \right\} \tag{8}$$

0.2468 100

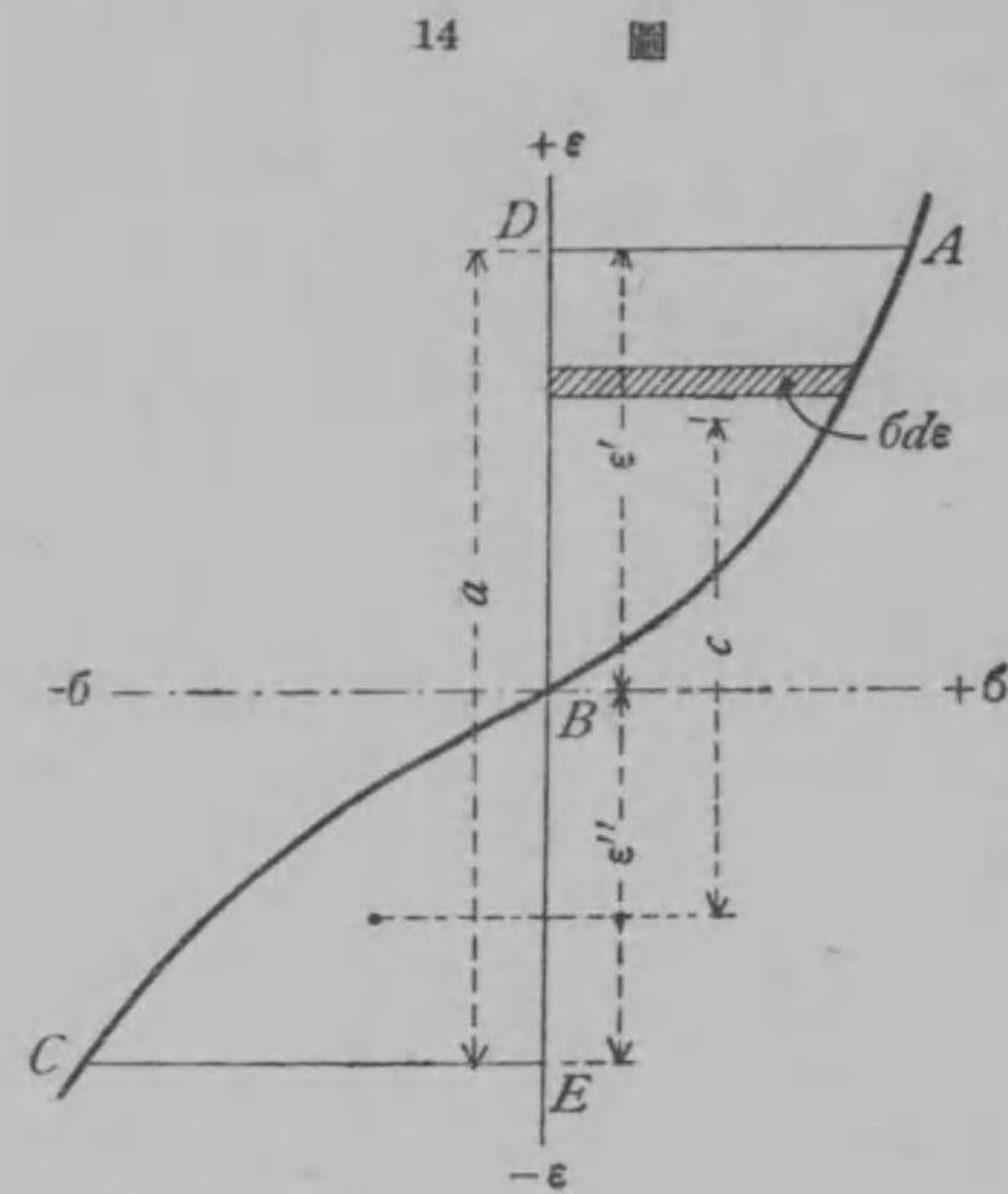
之等ノ式ニ(7)ヲ代入スレバ

$$\text{及 } \left. \begin{aligned} \int_{-e''}^{e'} \sigma z d\epsilon &= 0, \\ \left(\frac{h}{a}\right)^2 \int_{-e''}^{e'} \sigma z \epsilon d\epsilon &= M_b. \end{aligned} \right\} \tag{9}$$

特例トシテ截断面ガ幅 b ナル矩形ナル時ハ z = b トスレバ宜シイ。即

$$\left. \begin{aligned} \int_{-e''}^{e'} \sigma d\epsilon &= 0, \\ b \left(\frac{h}{a}\right)^2 \int_{-e''}^{e'} \sigma \epsilon d\epsilon &= M_b. \end{aligned} \right\} \tag{10}$$

此式ニ於ケル σ ト ϵ トノ關係ハ假定1ニ依リテ牽引及壓縮
試驗ノ結果カラ判ル筈デアルカラ (σ, ϵ) 線圖ヲ作り(14圖)ヲ用



14 圖

キテ次ノ如ク計算シヤウ。

断面矩形ノ場合ニ對ス

ル(10)ヨリ

$$\int_0^{\epsilon'} \sigma d\epsilon = - \int_{-\epsilon''}^0 \sigma d\epsilon$$

此條件ハ (σ, ϵ) 線圖ニ於テ

面積 $ABD =$ 面積 BEC

(11)

而シテ此關係ト共ニ次ノ

條件モ亦成立スル事ヲ要

スル。即 $M_b =$ 對スル式ニ

於テ左邊積分ノ値ハ AB

D 及 BEC 兩面積ノ σ 軸ノ周リノモーメントノ和ニ等シキ故

$$\int_0^{\epsilon'} \sigma d\epsilon = - \int_{-\epsilon''}^0 \sigma d\epsilon = A$$

トオキ且兩面積ノ中心間ノ距離ニ當ル ϵ ノ値ヲ c トスレバ

$$M_b = b \left(\frac{h}{a} \right)^2 A c \quad (12)$$

ト書キ得ルノデアアル。從テ上ノ二條件ヲ満足スル様ニ與ヘラ

レタ $M_b =$ 對スル面積ガ定マリ ϵ' 及 ϵ'' ガ見出サレル時ハ斷

面上ノ各點ノ σ, ϵ ガ決定サレル事ニナル。而シテ ϵ' 及 ϵ'' ハ

夫々

$$e' = \frac{h}{a} \epsilon' \quad \text{及} \quad e'' = \frac{h}{a} \epsilon''$$

トナリ中立軸ノ位置ハ a ヲ断面ノ高サト見タ時ノ σ 軸ト一致
スルノデアアル。然ルニ ϵ' 及 ϵ'' ハ一般ニ相等シカラザル故 e'
及 e'' ハ不等ナノガ通例デアアル。

正比例ノ法則ニ從ハス材料ニ於テモ荷重ノ小ナル間ハ σ, ϵ
ノ關係ガ直線ヲ去ルコト未ダ遠カラヌ故應力ノ状態ハ常數ノ
彈性係數ガ存在スル場合ニ近イ。併シ荷ガ増大スル時ハ (σ, ϵ)
線ハ漸々直線ヨリ遠ザカリ断面ノ中立線ニ近イ部分ガ直線的
ノ時ヨリモ割合ニ大ナル荷ヲ負擔シ遠イ部分ハ比較的負擔小
デアアル。

尙又 σ ノ正負ニヨリテ (σ, ϵ) 線圖ノ形異ルタメニ中立軸ガ中
心ヨリモ普通 ϵ ノ負値ノ側ニ偏スルタメ一層直線狀ノ應力配
布ト趣ヲ異ニスル様ニナル。即斯様ナ場合ニ普通ノ計算式(5)
ヲ用キテ算出サレタ σ ハ實際作用ス可キ應力ヨリモ大ナル値
ヲ與ヘルモノデアアル。

上ノ計算法ガ正シキ結果ヲ與ヘルカラ實驗ニヨリテ檢スル
タメニ鑄鐵試驗片ノ破壊及ビ彈性試驗ガ種々ノ人々ニ依リテ
行ハレタ。其中破壊試驗ノ成績ヲ見ルニ彎曲ノ際ニ生ズル最
大牽引應力ノ計算値ハ必シモ常ニ牽引ノ強サニ一致シナイ。
即牽引ノ強サヲ正ノ最大應力トスル様ナモーメントノ計算値
ヨリハ一層大ナルモーメントヲ加ヘテ初メテ破壊スル場合ガ
多イ。

又彈性試驗ノ結果ニ就テモ計算ガ實測ト符合スル場合モア

ルケレドモ著者ノ一實驗ニ於テハ正確ナル一致ヲ示サナカッタ¹⁾ 思フニ斯ル差異ハ主トシテ鑄造ノ時以來材料中ニ潜伏シテ居ル應力ノ作用ニ基クモノデ之ガタメニ實驗ノ結果ガ甚ク攪亂セラレルノデアラウ。

14. 彎曲試驗

鑄鐵ノ品位ヲ定メルタメニ屢々彎曲試驗ヲ行フ。即一定形狀ノ試験片ヲ破壊シテ強サ及ビ撓ミヲ求メルノデアアル。獨逸ニ於テ採用サレテ來タ試験片ハ直徑 30 mm 長サ 650 mm ノ鑄放シ丸棒デ之ヲ中間距離 600 mm ノ兩支點上ニ置キ中央ニ荷重ヲ加ヘテ破壊スル。

斯ル場合ニ行フ強サノ計算ハ(5)ヲ用キルガ之ハ材料ノ堪エ得タ最大應力ヲ意味スルノデハナク一定ノ試験片ヲ用キ何程ノ荷重ニ堪エ得タカヲ示ス符號ニ過ギス。

l ヲ二支點間ノ距離トシ P ヲ中央ニ加ヘラレタ荷重トスレバ最大ノ彎曲モーメントハ $\frac{Pl}{4}$ デアル。又截斷面ヲ直徑 d ノ圓トスレバ $\frac{I}{e} = \frac{\pi}{32} d^3$ ナル故最大應力ハ

$$\sigma = \frac{8}{\pi} \frac{Pl}{d^3}$$

此式ニ $l = 60 \text{ cm}$, $d = 3 \text{ cm}$ ト置ケバ

$$\sigma = 5.66 P$$

破壊ノ生ズル時ノ荷重ヲ取リテ P ノトコロニ入レσヲ計算シテ彎曲ノ強サヲ定メルノデアアル。

1) 九州帝國大學工科大学紀要第一冊第二號

斯ル試験片ニ就テ實驗シタ結果少クモ次ノ成績ヲ有スベキ事ヲ獨逸デハ規定シテ居ル。

彎曲ノ強サ	撓ミ	
kg/cm ²	mm	
機械用普通品	2800	7
同上優等品	3400	10
土木建築用	2600	6

前節ニ述ベタ様ニ普通ノ計算式デ出シタ彎曲ノ強サハ實際ノ應力デハナイカラ上ノ數値モ同ジ材料ヲ引イテ破壊シタ場合ノ強サニ比ベレバ遙ニ大デアアル。

種々ノ斷面形ノ試験片ニ彎曲試驗ヲ施シテ得タ強サ K_b ヲ同ジ材料ノ牽引ノ強サ K' ト結び付ケルタメニバツハ教授ハ次ノ式ヲ用キテ居ル。

$$K_b = \mu_0 \sqrt{\frac{e}{z_0}} K' \quad (13)$$

此式ニ於テ e ハ截斷面ノ中心軸ヨリ正ノ最大應力ヲ生ズル點迄ノ距離トシ z_0 ハ同ジ軸ヨリ正ノ應力ガ作用スル面積ノ中心迄ノ距離トスル。又 μ_0 ハ斷面ノ形並ニ鑄物ノ皮ノ有無デ適當ニ定メラレル可キ係數デアアル。同氏ハ其實驗ノ結果カラ仕上ゲテ經タ鑄物ニ對シテハ $\mu_0 = 1.20 - 1.33$ ト定メタ。此中小ナル數ハ例ヘバ矩形及 I 形等ノ斷面ニ對シ大ナル數ハ圓ノ如キ場合ニ用キラレル。又鑄放シノ梁ノ場合ニハ $\mu = 1 - 1.1$ ニ取ラレテ居ル。今 $\mu_0 = 1.20 - 1.33$ ナル場合ヲ見ルニ矩形斷面ニ對スル K_b ハ K' ノ 1.70 倍ニ當リ、圓形斷面ニ對シテハ 2.04 倍ニ當ル

様ニ出来テ居ル。併シ之等ノ數ハ材料ノ性質ニ關スルモノデア
アルカラ上ノ數ニ必シモ拘泥シテハイケナイ。現ニ16節ニ掲
ゲタ著者實驗室ニ於ケル試験成績ノ例デハ圖ノ場合ニ之ヨリ
モ尙大ナル數ヲ示シテ居ル。

15. 振りニヨリテ生ズル應力ノ計算

直徑 d ナル圓柱體ニ M_t ナル振りモーメントヲ加ヘテ截斷
面ノ圓周ニ生ズル最大剪斷應力ハ

$$\tau = \frac{16}{\pi} \frac{M_t}{d^3} \quad (14)$$

トシテ普通計算セラレルケレドモ之ハ應力及¹⁾ γ ノ間ニ正比
例ノ法則ガ成立スル場合ニノミ正シイ式デアツテ鑄鐵ノ丸棒
ヲ振ル時ニ生ズル應力ニ對シテハ正當デナイ。依テ斯ル場合
ニ於ケル應力ノ計算ヲ試ミヤウ。元來垂直應力ニ對シテハ牽
引及壓縮ノ試験ニヨリテ應力及伸ビ(縮ミ)ノ間ニ存在スル關係
ヲ知ル故之ヲ根據トシテ彎曲ノ場合ニ於ケル應力ノ配布ヲ論
ズル事ガ出来タノデアアル。併シ剪斷應力及之ニ對スル γ ノ
關係ハ豫メ判ツテ居ラヌ。寧ロ振り試験ノ結果カラ之ヲ見出
シウル位デアアル。即振りモーメント M_t 及 γ 之ニ對スル棒ノ
單位長ノ振レ θ ヲ知リテ應力 τ ノ計算ヲナセバ τ ト M_t トノ
關係ガ知ラレ且望ムナラバ τ ト γ トノ關係モ判ルノデア
ル。

此計算ヲナスタメニ次ノ假定ヲシヤウ。

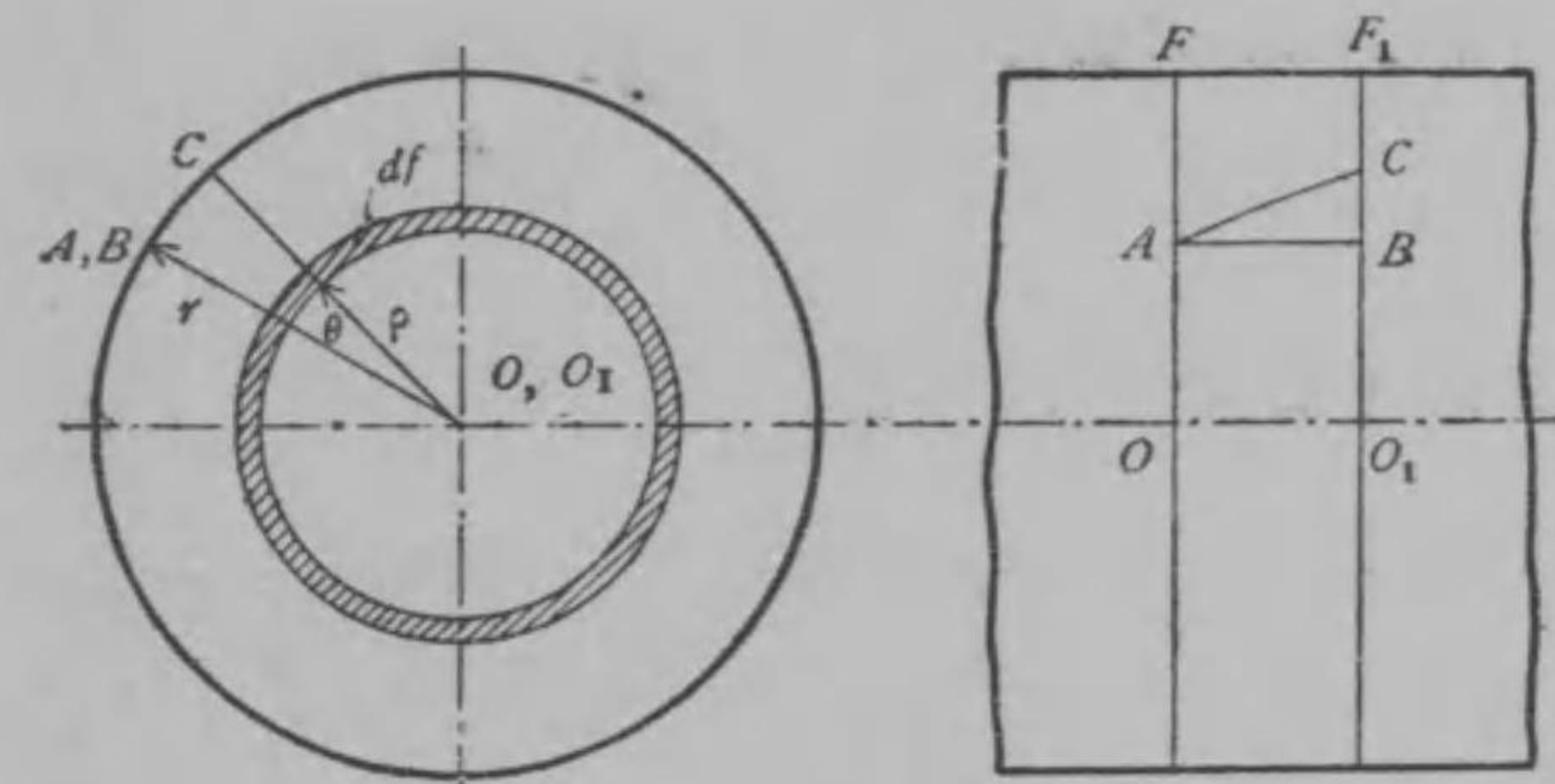
1. 棒ノ截斷面ハ變形後モ依然平面ナル事。

1) Shearing strain

2. 截斷面上ニ引カレタル半徑ハ變形後モ依然直線ヲナス事
3. ニツノ截斷面上ノ半徑ガ變形ノタメニ生ズル相對的廻轉ハ二面間ノ距離ニ正比例スル事。

互ニ距離 l ヲ距ツル二截斷面 F, F_1 上ニ於テ棒ノ同シ軸面ニ
切ラレル半徑 OA 及 O_1B ガ變形ト共ニ引起ス相對的ノ移動ヲ
考ヘヤウ (15圖) 上ノ假定ニヨリテ半徑ハ依然半徑トシテ止マ

15 圖



ルガ夫レ計リデ
ナク何レノ半徑
モ同様ノ移動ヲ
ナスベキ故任意
ノ軸面ヲ取ツテ
考ヘレバ宜シイ。
且又最後ノ假定
ニ從ヘバ棒ノ長
サノ何處ノ斷面

ヲ取ルモ同様デアアル。

楮兩斷面上ニ於テ中心ヨリノ距離ガ ρ ナル如キ二點間ノ變
位ハ $\rho\theta$ ニ等シイ。然ルニ之ハ單位ノ距離ニアルニツノ小平
面間ノ γ ニ外ナラヌ故

$$\gamma = \rho\theta \quad (15)$$

トナリ、即 γ ハ中心ヨリノ距離ニ比例スル。併シ應力ハ γ ニ
比例セザル故半徑ニ沿ヒテ直線狀ニ變化シナイ。

次ニ振りモーメント M_t ト剪斷應力 τ ノモーメントトハ常

ニ相等シイノデアアルカラ

$$M_t = \int \tau \rho df$$

但シ $df = 2\pi\rho d\rho$ デ積分ハ全截断面ニ及ブ可キデアアル。即チ
ヲ截断面ノ半径トスレバ

$$M_t = 2\pi \int_0^r \tau \rho^2 d\rho$$

此式中ニ(15)ヨリ

$$\rho = \frac{r}{\theta}$$

及ビ與ヘラレタル一定ノ M_t ニ對シテ θ ハ不變ナル故

$$d\rho = \frac{dr}{\theta}$$

ノ兩式ヲ移入シ且圓周ニ於ケル r ヲ r_1 トスレバ

$$M_t = \frac{2\pi}{\theta^3} \int_0^{r_1} \tau r^2 dr \quad (16)$$

之ヲ書キ換エテ

$$\int_0^{r_1} \tau r^2 dr = \frac{M_t \theta^3}{2\pi}$$

トシ、此兩邊ヲ r_1 ニ對シテ微分スル。此時ニハ無論 M_t モ θ モ
共ニ變ズル故圓周上ノ τ ヲ τ_1 トスレバ

$$\tau_1 r_1^2 = \frac{3M_t \theta^2 + \theta^3 \frac{dM_t}{d\theta}}{2\pi} \frac{d\theta}{dr_1}$$

然ルニ

$$\left. \begin{aligned} r_1 &= r\theta \\ \frac{d\theta}{dr_1} &= \frac{1}{r} \end{aligned} \right\}$$

ナル故

$$\tau_1 = \frac{3M_t + \theta \frac{dM_t}{d\theta}}{2\pi r^3} \quad (17)$$

振り試験ノ結果カラ (M_t, θ) 線圖ヲ作レバ此右邊ハ容易ニ計
算サレルカラ從テ截断面ノ圓周ニ生ズル τ_1 ヲ見出ス事ガ出來
ル。而シテ θr 即チ r_1 ヲ計算スレバ τ_1 ト r_1 トノ關係モ求メ得ラ
レル。

次ニ一二特別ノ場合ヲ論ジヤウ。先ヅ M_t 及ビ θ ガ正比例
ヲナス場合即チ常數ノ τ 彈性係數ガ存在スル場合ニハ

$$\frac{dM_t}{d\theta} = \frac{M_t}{\theta}$$

ト書キ得ル故

$$\tau_1 = \frac{2M_t}{\pi r^3}$$

之ハ(14)ト同一式デアアル

又 $\frac{dM_t}{d\theta} = 0$ ナル時ハ

$$\tau_1 = \frac{3M_t}{2\pi r^3} \quad (18)$$

即チ(14)ノ値ノ $\frac{3}{4}$ 倍ニ當ル。此時ハ變形ガ進ミテモ應力配布ニ變
動ヲ生ジナイ。即チ τ ガ r ニ無關係デアアル。断面ノ半径上ニ沿
ヒテ τ ガ不變デ中心モ圓周モ齊シク τ_1 ノ作用ヲ受ケルト假定
シテ M_t ノ式ヲ積分スレバ之ト同様ノ結果ニ到着スル。

普通 τ_1 ハ上ノ兩極端ノ中間ニ位スル値ヲ取ルモノデアアル。

16. 鑄鐵破壞試験ノ實例

同ジ湯ヲ成ル可ク同様ノ方法デ鑄型ニ注ギテ作レル數本ノ丸棒ヲ削旋シテ直徑 20 mm ノ試験片ヲ作り之ニ牽引彎曲及ビ振リヲ加ヘテ試験シタル結果次ノ結果ヲ得タ。

鑄 鐵 試 験		
	破壞應力 (各二本ノ平均)	應力ノ比
	kg/cm ²	
牽 引	1435	1
彎 曲	3475	2.42
振 リ	1895	1.32

彎曲及振リニ對スル應力ハ夫々普通ノ計算式デ出シタモノ故實際ノ應力ニアラザル事已ニ論ジタ如クデアアル。夫レ故彎曲ノ場合ニ牽引ノ二倍以上ノ應力ヲ得タノモ怪ムニ足ラヌ事柄デアアル。而シテ此比ガ材料ノ性質ニ依リテ變ズルハ勿論同一材料ト雖試験片ノ形ニヨリテ變ズル事已ニ(13)式ニ就テ説明シタ如クデアアル。即圓形ノ場合ニ於ケル比ハ矩形ノ場合ヨリモ大デアアル。

次ニ振リノ應力モ實際ハ上ノ値ヨリモ遙ニ小ナノデアツテ先ヅ牽引ノ應力以上ニ達スルコトハナイト考ヘテ宜シイ¹⁾

尙序ニ大正八年四月ノ講演會ノタメニ三池製作所カラ寄贈サレタ鑄鐵ノ試験成績中カラ次ノ結果ヲ摘記シテ置カウ。此材料ハ夫々同ジ時ノ湯カラ取ツタ者デアアルガ違ツダ取瓶カラ

1) VI章 27, 28 節參照

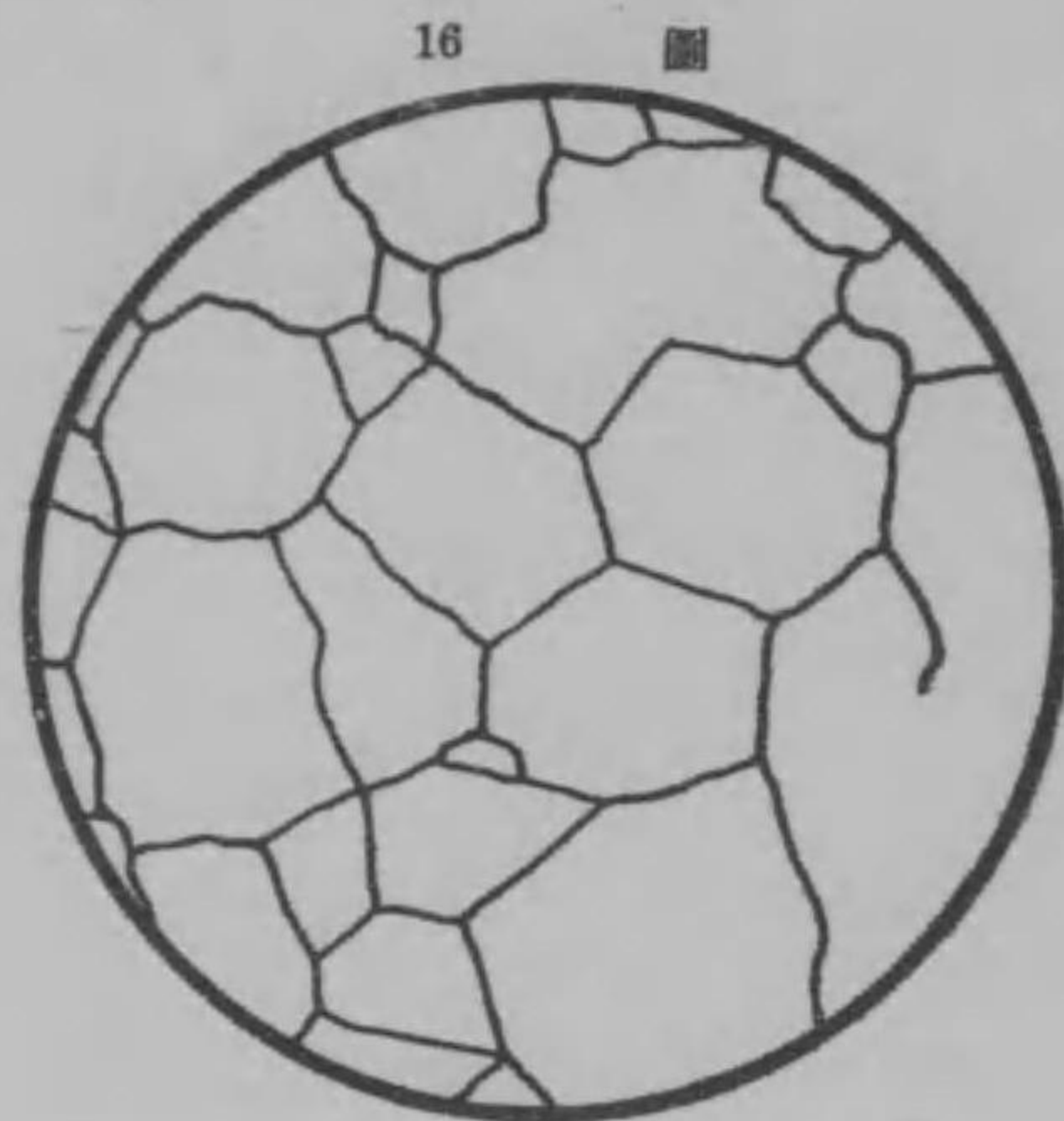
注イダ想デアアルカラ材質ニ多少ノ相違アルモノト思ハネバナラス。

講演會用材料 B		
	破壞應力	應力ノ比
	kg/cm ²	
牽 引	2434	1
彎 曲 (鑄放シ丸棒)	3870	1.59
同 上 材 料 C		
	破壞應力	應力ノ比
	kg/cm ²	
牽 引	2355	1
彎 曲 (鑄放シ丸棒)	4350	1.85

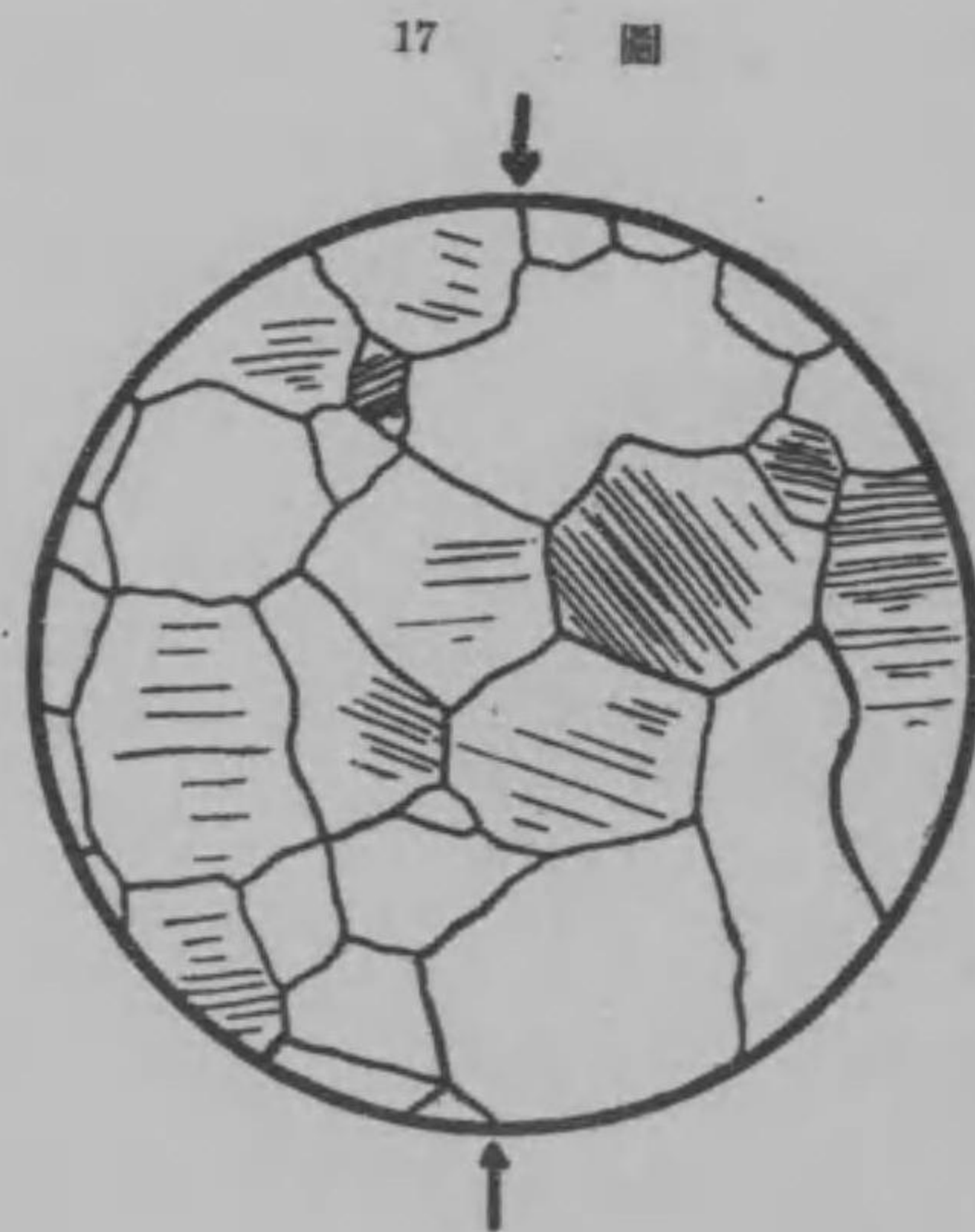
此實驗ニ用キタ牽引試験片ハ直徑 20 mm ニ削旋シ彎曲試験片ハ直徑 30 mm ノ鑄放シ丸棒デ後者ノ支點間距離 600 mm ノ中央ニ於ケル撓ミハ夫々 9.3 mm (B) 及 9.9 mm (C) デアツタ。之等材料ノ彎曲ノ強サノ牽引ノ強サニ對スル比ガ前ニ掲ゲタ例ヨリモ小サイ主ナル原因ハ鑄放シト云フ點ニアアル。

IV. 組織ト強サ

17. 金屬ノ變形



材料ノ強サヲ論ズルニ當リテハ勢ヒ其變形ヲ考ヘネバナラス。 借金屬組織ノ單純ナル場合ハ硅素鐵(2圖)及ビ滿侖鋼(16圖)ノ顯微鏡圖ニヨリテ見ル様ニ結晶粒子ノ集團シテ出來テ居ルモノデアラカラ其變形モ次ノ如キ場合ニ區別シテ考ヘル事ガ出來ル。



- a. 結晶粒子相互間ノ移動ニヨルモノ。
 - b. 結晶粒子内ニ起ル分子間ノ移動ニヨルモノ。
- 一ツノ變形ガ a, b 兩種ノ一方ノミデ生ズル者ト考ヘラレル場合ハ或ハ稀デアラカモ知レヌケレドモ主トシテ之等ノ中ノ何レカガ著シク現ハレル場合ハ澤山アル。 例ヘバ不純物又ハ高溫度ノタメニ粒子間

ノ結束ガ薄弱ナル時ハ粒子間ニ移動開離ノ現象ヲ起ス。 18圖



ニ示ス硅素鐵ノ研磨面上白キ島嶼ノ間ヲ縫ツテ海ニ注グ様ニ見エル黒キ河流ハ材料ヲ破壊セシメル際生ジタ結束ノ緩ミデアル。

次ニ b. 項ニ述ベタ分子間ノ移動ハ之ヲ更ニ二種ニ分ケル事ガ出來ルノデ即甲ハ廻轉性ノニリト稱シ互ニニラントスルニツノ並行ナル平面間ニ存在スル中間帶ノ分子ガ廻轉

ヲ生ジ其結果兩平面デ此中間帶ニ境セル物質ハ互ニニリウルノデアル。 例ヘバ厚キ洋書ノ表紙ヲ互ニニラセル時重ナリ合ヒタル紙ノ上下ノ縁ニ於テ表紙ニ直角ナル線ヲ引キオケバ之ガ表紙ニ對シテ廻轉ヲ起スノト同様デアル。 次ニ乙ハ滑走性ノニリト稱ス可キモノデ粒子内ノ或ル面ヲ境トシタ兩部分ガ互ニ斷層ヲナシテニリ即此處ニニリ面ヲ生ズルノデアル。

之等ノ種類ハ兎モ角ニリガ一粒子内ニ幾個處モ起レバ從テ粒子ノ形ハ隨分思フ狀ニ變形シウル事ガ想像サレル。 即壞レズニ多クノニリヲ起ス物質程變形性ニ富ムノデアル。 而シテ上ノニリ面ノ發生ハ金屬ノ表面ヲ研磨シテ變形ヲ起サシメタ後顯微鏡デ窺ヘバ黒線トナリテ顯ハレル故容易ニ之ヲ認メル事ガ出來ル。 蓋シ垂直光線ヲ金屬ノ表面ニ反射セシメル時ニ

リ面ニ依リ反射セラレテ對物鏡ニ入ル光線ハ他ノ水平面ヨリ
スルモノニ比シテ少イ譯デアアルカラ此面ハ自然暗ク見エルノ
デアアル。17圖ハ16圖ノ滿俺鋼ニ矢ノ如キ壓力ヲ加ヘテ變形ヲ
起サシメテ粒子内ニ生ジタニリノ線ヲ描イタモノデアアル。

以上述べタノハ結晶粒子間又ハ其内部ノ變形デアツテ顯微
鏡的ノモノデアアルガ斯ル粒子ノ變形ヲ考ヘルト共ニ粒子ノ集
團タル金屬材料ノ變形ヲ論ズル事モ必要デアアル。試ニ粒子ヲ
家庭ニ比スレバ其集團タル材料ハ國家ト見ル事ガ出來ル。今
例ヘバ物價騰貴ノタメニ受ケル各家庭ノ影響ハ積リテ國家ノ
問題トナルガ併シ國家ノ問題ハ家庭集團ノ大勢ニ支配セラレ
テ必シモ各家庭個々ノ事情ニ拘泥シ得ザルモノガアルデアラ
ウ。材料ノ場合ニ於テモ各粒子變形ノ集積ガ全體ノ變形トナ
ルケレドモ大勢カラ言ヘバ個々ノ粒子ノニリ面又ハ開離面ノ
方向如何ニ拘束セラレヌモノデアアル。換言スレバ荷重ヲ負フ
材料ハ其粒子團ノ弱點ニ沿ヒテニリ又ハ破壊スルノデアツテ
普通吾々ハ此考ヘテ材料ノ弾性及強弱ヲ研究スルノデアアル。
例ヘバヨク表面ヲ磨キタル軟鐵ノ試験片ヲ引張リテ粘性的變
形ヲ生ゼシメル時ハ材料ノ流レヲ示ス模様ヲ呈ズルコトガア
ル。此線ハ個々粒子ノ變位變形ノ積分サレタモノニ相違ナイ
ケレドモ其方向ハ粒子團ノニリ面デアツテ個々ノ粒子内ニ起
ルニリ面ハ必シモ此方向ニ一致シナイ。蓋シ粒子ノ受ケル力
ハ集團ノ受ケル力トハ異リテ遙ニ複雑ナル有様ニ作用スルカ
ラデアアル。

夫レ故材料ノ強サヲ其外觀カラ批判シ言ハバ假想的ノ物質

トシテ論ズル間ハ必シモ其内部ヲ精査スル要ガナイ様ニ見エ
ルケレドモ併シ一步進ミテ例ヘバ變形性ノ多少ハ何ニ基クカ、
或ハ破壊現象ノ差異ハ何ニ依ルカ等ノ問題ヲ抱キ之ニ對シテ
或ル程度ニ満足ナル解答ヲ得レトスレバ材料ヲ肉眼デ見ル丈
クニ止マラズ即前ニ述べタ様ニ顯微鏡ヲ用キテ少シデモ吾々
ノ觀察力ヲ擴大スル必要ガアル。

借上ニ材料ガ結晶粒子ノ集團デアルト述べテ置イタガ若シ
材料ガ單純ナル物質カラ出來テ居レバ粒子ノ何レカ一代表者
ヲ取リテ考ヘレバ宜シイ譯デアツテ簡單デアアルガ併シ多クノ
材料殊ニ鑄物ノ場合ニ於テハ左様ニ簡單ナモノデハナイ。即
異種ノ物質ガ數種相寄リテ一材料ヲ形成シテ居ルノデアアルカ
ラ各要素ニ就テ其變形強弱ヲ考ヘ且之等相互ノ關係ヲ明カニ
セネバナラス。此方針デ下ニ專ラ鼠銃ノ強サヲ論ジャウト思フ。

18. 銃鐵ト鋼

一般ニ白銃鑄物ハ硬サヲ要件トスルチルド鑄物トシテ又ハ
可鍛鑄物ヲ作ルタメノ半製品トシテ必要ガアルノデ之等ノ場
合ニ白銃ノ強サハ次ニ述べントスル鼠銃程大切ナ問題トナラ
ス。故ニ白銃ニ關スル事柄ハ之ヲ評論セズシテ直ニ鼠銃ノ強
サヲ述べヤウ。

抑鼠銃ノ組織ハ鋼ノ場面ニ黒鉛層及其他ノ不純物ヲ數多混
和シタ者ト考ヘラレルカラ強サヲ論ズルニ當リテモ場面材料
ニ匹敵スル鋼ノ強サヲ考ヘルコトガ必要デアアル。併シ之丈ク
デハ甚ダ不充分ナノデ場面ノ連續ヲ破ル物質即主トシテ黒鉛

層ノ影響ヲ念頭ニ置カネバナラス。此考ヘニヨリ先ヅ本節ニ於テ場面材料タル鋼ニ就テ一言シヤウ。

擬共晶點以下ノ鋼ニ顯レルフアーライトハ一般ニ極弱イ物質デアアル。素ヨリフアーライト中ニ溶解サレル不純物ノタメニ強サガ必シモ一定シナイデアラウガ從來ノ研究ノ結果ニ依レバ 2500¹⁾—2700 kg/cm² ²⁾位デアアル。次ニセメントイトノ強サハ判然シナイケレドモ其性質ガ硬クシテ脆イ事ハ確カデアアル。併シ如何ニ硬ク且脆イモノデモ之ヲ薄クスレバ曲グ易クナル。例ヘバ硝子ノ如キモノモ之ヲ細イ絲ニスレバ彎曲ガ自由ニナルノト同様デアアル。殊ニパーライト中ノセメントイトハ其厚サ 1μ 以下デアアルカラ之ヲ重ネテ其間ヲ重量ニ於テ約 6.4 倍³⁾ノフアーライトヲ以テ固メタパーライトハセメントイトノ氣骨トフアーライトノ彎曲トヲ具備シ即脆カラズシテ丈夫ナ性質ヲ有スルノデアアル。

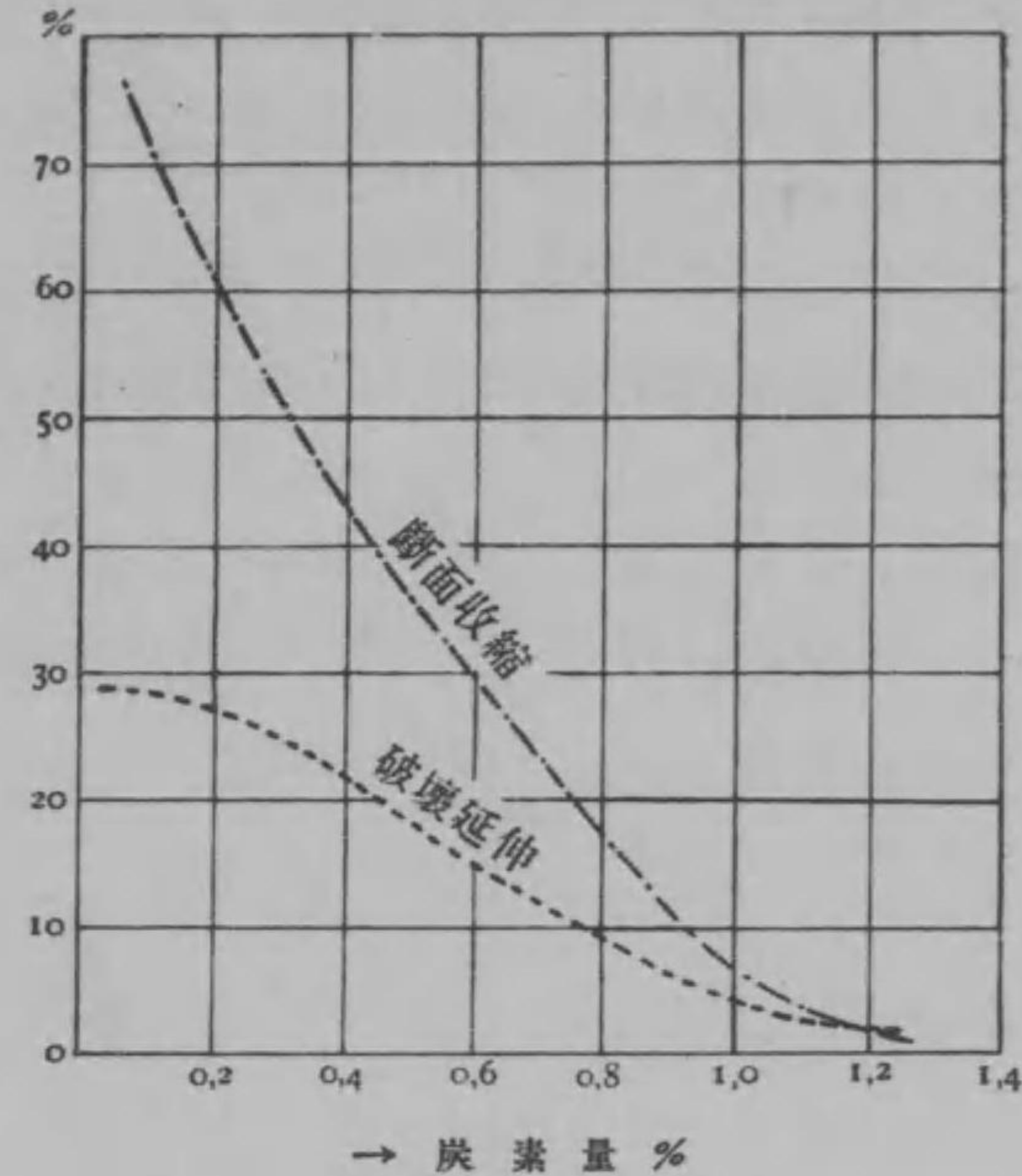
斯ル物質カラ出來テ居ル鋼ガ純鐵ニ近イ状態ヨリ含炭量ノ増加ト共ニ次第ニ其強サヲ増スノハ當然デ擬共晶點ニ相當スル鋼ハ一般ニ最大ノ強サヲ有シ更ニ炭素量増加スレバ脆キセメントイトノ量増加スル故強サガ減少スルノデアアル。19圖ハ壓延ヲ施シタルマルチン鋼ノ牽引試験ニ於ケル諸性質ガ其含炭量ト共ニ如何ニ變ズルカヲ示スモノデアアル⁴⁾ 先ヅ破壊延伸率及斷面收縮率ハ %C ト共ニ減少シテ 1.0% C 以上ニ至レバ餘

1) Dalby, Engineering, 1917.
2) Stead, Journal of the Iron and Steel Institute, 1916.
3) パーライト中ノ炭素量ヲ 0.9% トスレバ Fe₃C 13.5%, Fe 86.5% ヲヨリ組織セフレル計算ニナル。
4) Martens-Heyn: Materialienkunde II A.

程小デアアル(甲圖)。

19 圖 (甲)

即破壊ニ際シテ著シキ伸ビヲ顯サズ。又破面ノ收縮モ小デアアル。之ハ組織中ニ軟イフアーライトノ多イ間ハ其粒子内ニ生ズル沁リノタメニ變形シ易イノデアアルガフアーライトノ減少ト共ニ變形性乏シクナリ、遂ニ自由ナルセメントイトノ出現ト共ニ極變形シ難イ物質トナルノデアアル。



次ニ破壊ノ強サヲ示ス曲線ハ豫期シタ様ニ初メ %C ト共ニ上向シ、1% C 附近ニ於テ其最高點ニ達シ再ビ炭素ノ増加ト共ニ下向シテ居ル。又降伏點¹⁾モ或ル程度迄 %C ト共ニ漸次増加シテ居ル(乙圖)。

以上ハ普通ノ材料試験成績ニ依リタル鋼ノ表面的觀察デアツテ此強サニ關スル事柄ハ尙解説ヲ要スルノデアアル。蓋シ牽引ノ強サハ普通最大荷重ヲ試験片最初ノ截斷面積ニテ除シタモノヲ言ヒ其意味ハ工業上ノ約束ニ外ナラナイノデアツテ物

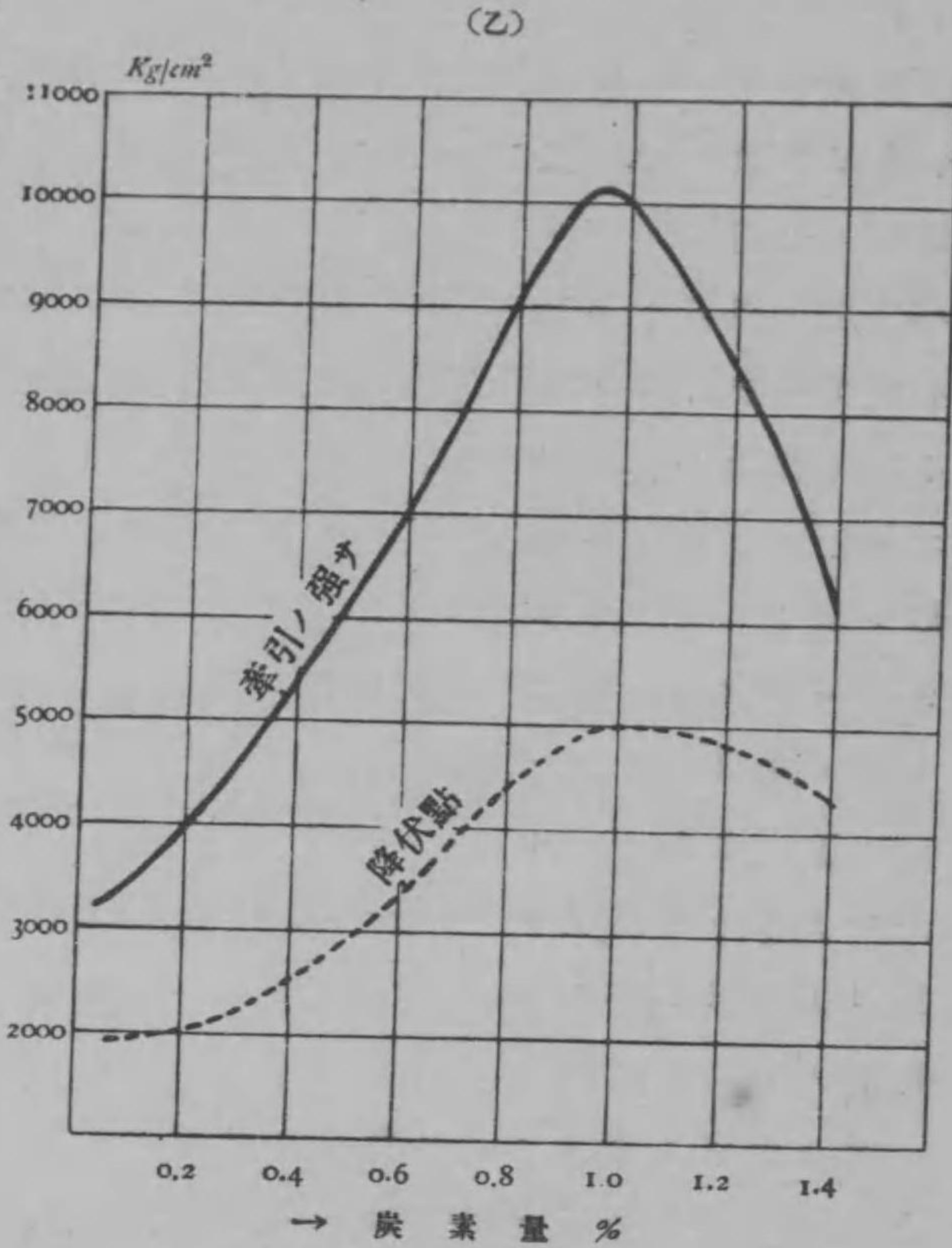
Yielding point

理的ノ意義ハ甚
 ダ不明瞭デア
 何トナレバ此
 力ニヨリテ材
 ガ破面ニ於テ
 ツノ部分ニ引
 離サレルモノ
 見ルノハ下ニ
 明スル様ニ破
 ノ眞想ヲ示ス
 足リヌカラデ
 アル。

元來材料ガ變
 形性ニ富ム間
 荷重ノ増加ト
 ニ材料全體ト
 シテ著シキ變
 形ヲ

生ジ途ニハ局所
 ノ收縮ヲ起シ
 棒ノ断面ハ甚
 シク小トナル。
 破壊ノ起リタル
 後破面ヲ見レ
 バ其周圍ハニ
 リニ依ル破壊
 ノ特長ト見ラ
 レル圓錐狀ノ
 壞レ方ヲ示ス
 コトガ多イガ
 破面ノ内部ハ
 普通引キ離サ
 レテ壞レタモ
 ノト考ヘラレ
 ル様ニ周圍ノ
 狀況ト趣ヲ異
 ニシテ居ル。要
 スルニ破斷ノ
 起ル前ニ大ナル
 ニリガアル。

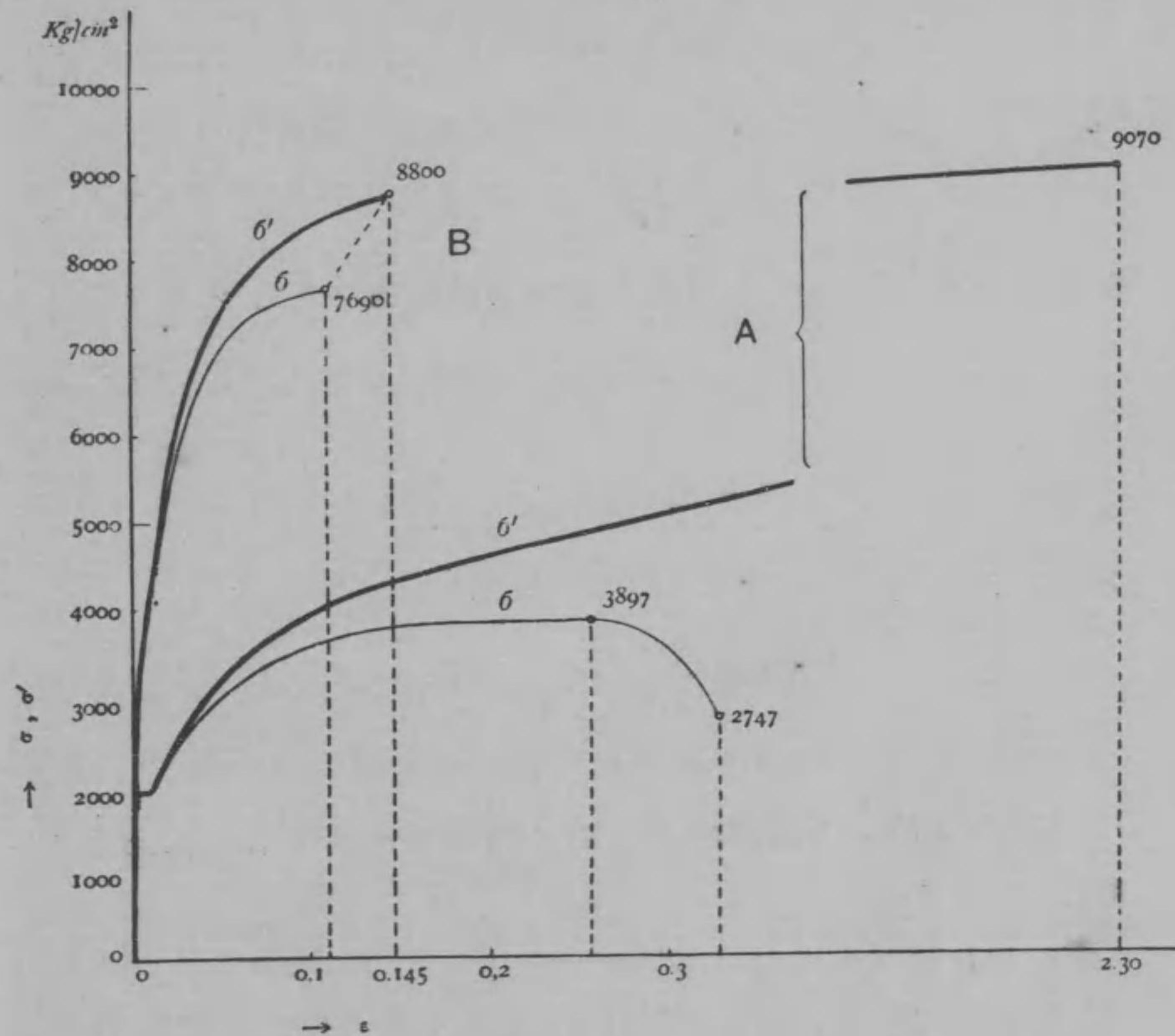
併シ材質ガ變形性ニ乏シイ時ハ著シキ伸ビ及ビ收縮ヲ起サ



ズシテ忽然破面ノ開離ヲ生ズルノデア
 ル。夫レ故前ノ場合ニ
 ハニリガ破壊ノ第一歩デア
 ルニ對シテ後ノ場合ニハ開離ガ破
 壊ノ主ナル現象デア
 ル。斯ク破壊ノ有様ガ材質ニヨリテ趣ヲ
 異ニスル點ヲ注意シテ強サノ線圖ヲ見
 ナケレバナラス。

普通ノ方法デ牽引試験ヲ行ヒ其結果ヲ
 應力及伸ビノ線圖ト
 シテ示シタ例ガ20圖ノ細キ線圖デア
 ル。Aハ炭素量ノ低イ軟
 鋼デ、又Bハ殆ンド擬共晶點ニ近イ炭
 素量即0.86%Cヲ有スル鋼

20 圖



デアツテ共ニ焼鈍ヲ施シテアル。此結果ニ依レバ A ノ強サハ 3897 kg/cm^2 デ B ノ強サハ 7690 kg/cm^2 デアル。今之等兩試験片ノ截断面ニ於テ實際引起サレタ應力ハ如何デアルカト云フニ上ノ線圖カラ下ノ如キ計算ニ依リテ別ノ線圖ヲ作ツテ見ヤウ。假リニ材料ガ流レテ變形ヲナス間其容積ガ殆ンド不變デアルト考ヘレバ彈性的變形ノ間ノ容積變化ヲ無視シテ或ル伸ビ ϵ ヲ生ジタ時ノ截断面積 f ト最初ノ面積 f_0 トノ間ニハ大要次ノ關係ガアル。

$$f_0 \cdot l = f(1 + \epsilon)$$

即

$$f = \frac{f_0}{1 + \epsilon} \quad (19)$$

故ニ荷重 P ニ對スル工業的ノ應力及物理的ノ應力ヲ夫々

$$\sigma = \frac{P}{f_0},$$

$$\sigma' = \frac{P}{f}$$

トスレバ

$$\begin{aligned} \sigma' &= \frac{P}{f_0} (1 + \epsilon) \\ &= \sigma (1 + \epsilon) \end{aligned} \quad (20)$$

又應力及伸ビノ線圖中其終點ノ面積 f_1 ハ判リ居ル故此點ノ應力ハ

$$\sigma' = \frac{P}{f_1} \quad (21)$$

此方法デ應力 σ' ノ計算ヲナスト同時ニ伸ビニ就テモ一考シナケレバナラス。普通曲線ガ其最高點ニ達スル迄ハ全長ガ殆ンド一様ニ伸ビルト考ヘラレルケレドモ此點ヲ過ギレバ局所收縮ヲ起シテ破面附近ノ伸ビガ非常ニ増加スルノデアアル。即斯ル局所ノ伸ビヲ計算シヤウト思ヘバ容積不變ノ假定ノ下ニ

$$f_0 \cdot l = f_1 (1 + \epsilon_1)$$

即

$$\epsilon_1 = \frac{f_0}{f_1} - 1 \quad (22)$$

斯ル方法デ線圖ノ改造ヲ行フコトガ出來ル。素ヨリ實驗ノ最初カラ真ノ應力ノ値ヲ知ラウト欲スレバ其積リデ各荷重ニ對スル截断面ヲ測定シテ行クコトニヨリテ直ニ σ' 曲線ノ高サガ判ルノデアアルガ只今ノ場合ニハ普通ノ試験法ニ依リタル實驗ノ結果カラ計算ニ依リテ改造ヲ施シ即 20 圖ノ太キ線圖ヲ得タノデアアル。之ニ依レバ A ノ最大應力ハ 9000 kg/cm^2 以上ニ達シ B ノ強サ 8800 kg/cm^2 ヲ凌駕シテ居ル。即開離ニ對シテ軟鋼ノ堪エウル最大應力ハ敢テ擬共晶的ノ鋼ニ讓ラスコトガ判ル。

19. 黑鉛層ノ影響

已ニ鼠銑場面ノ材料タル鋼ノ強サヲ述ベタ上ハ次ニ其黑鉛層ノタメニ受ケル影響ヲ論ジヤウ。黑鉛層ハ牽引應力ヲ負擔スル様ナ強サヲ有ツテ居ラス故鼠銑ハ鋼ノ中ニ溝渠ヲ穿ツタノト同様デアアル。從テ鋼中ノ溝ガ強サニ如何ナル影響ヲ與ヘルカヲ考ヘレバ黑鉛層ノ影響ヲ推察スル事ガ出來ル譯デアアル。

例へば硝子ヲ切ルニ硝子切リデ傷ヲ附ケテ之ヲ便リニ割ルノハ能ク人ノ知ル所デアル。又金屬棒ヲ折ルニ先ヅ切リ込ミヲ附ケテ棒ノ一方ヲ打テバ割レ目ガ内部ニ進入シテ壞レルノモ普通ノ事柄デアル。之等ノ實例ハ材料ニ附シテ溝ノ凹底部ニ於ケル應力ガ高マリテ破壊ヲ生ズルノデアツテ溝ノ尖端ニ於ケル應力ノ上昇ハ凹底部ノ曲率半径ノ小ナル程即溝ガ鋭イ程大ナノデアル。併シ如何ニ應力ガ増大スルカハ單ニ溝ノ形計リデナク材質ニ關係ガアルノデ即材料ガ變形性ニ富メバ凹底部附近ノ材料ハ流レテ生ジテ過大ナル應力ノ負擔ヲ避ケ從テ恰モ曲率半径ノ増大ト同様ノ效果ヲ起ス。丁度材料ニ割レ目ガ出來タ時ニ其尖端ニ穴ヲ穿テテ裂傷ノ進行ヲ此處デ止メルノト同様ノ作用デアル。之ニ反シテ材料ガ變形性ニ乏シイ時ハ此緩和ヲ試ミルコトガ出來ヌタメニ破壊ヲ生ジ裂傷ハ鋭利ナル尖端ヲ益々場面中ニ進入サセルノデアル。

前ニ牽引試験ノ事ヲ述ベタ際ニハ變形性ニ富ム材料ノ流レハ截断面ヲ益々縮小シテ遂ニ局所ノ小面積ニ於ケル牽引應力ノ負擔ニ堪エ得ザルニ至リテ開離ヲ生ズル事ヲ説イタノデアアルガ只今ノ場合ニハ溝ノ凹底部ニ生ズル局所變形ハ此部分ニ於ケル應力ノ増加ヲ來サズシテ輕減ヲ意味スル故安全デアル。又牽引ノ場合ニ變形性乏シク断面收縮ノ小ナルタメ大ナル荷重ニ堪エテ一見強イ様ニ見エタ材料ハ只今ノ場合ニ夫レ程丈夫デハナイ。何トナレバ應力負擔ノ輕減作用少キ外開離ニ對スル抵抗ガ軟質ノ材料ニ比シテ必シモ高カラザル故デアル。從テ鼠銑ヲ組織スル場面ノ鋼ヲシテ牽引應力ニ對シテ最モ都

合ノ良イ性質ヲ有セシメ様トスルニハ相當ニ大ナル變形ヲ許シ即顯微鏡的ノ歪ミヲ殘スト共ニ裂傷ノ發生及進行ヲ阻止スル様ナ擬共晶點以下ノ組織ヲ與ヘネバナラス。

以上ハ黒鉛ノ量及形ヲ一定トシテ其影響ヲ論ジタノデアアルガ素ヨリ黒鉛ノ量並ニ形ガ強サニ與リテ大ナル關係ヲ有スル事當然デアル。即量ノ多イ場合ハ裂傷ヲ生ジ易ク又形ガ大ナル層ヲナシテ場面ノ連續ヲ破ル場合ハ小ナル唐草模様ヲナス場合乃至ハ數多ノ丸イ集團ヲナス場合(テンパー炭素)ニ比シテ破壊ヲ起シ易イ。故ニ黒鉛ヲシテ成ルベク大形ノ層ヲ作ラス様配合及ビ冷却ニ注意セネバナラス。此點ニ關シ俵博士及石川造機中監ハ大正七年十月川口町ニ於ケル機械學會ノ講演會ニ於テ有益ナル講演ヲ試ミラレタ(31節參照)。

茲ニ附言スベキ事ハ壓縮應力ニ對スル強サデアル。試験片ヲ壓縮スレバ前ニ述ベタ様ニ力ノ方向ニ或ル傾斜ヲナスニリ面ヲ生ジテ材料ノ破壊ヲ起スノデアアル。此時ニハニリニ對スル抵抗ノ大ナル意味ニ於テ比較的變形性ヲ欠ク硬イ材料ヲ可トスル譯デアル。

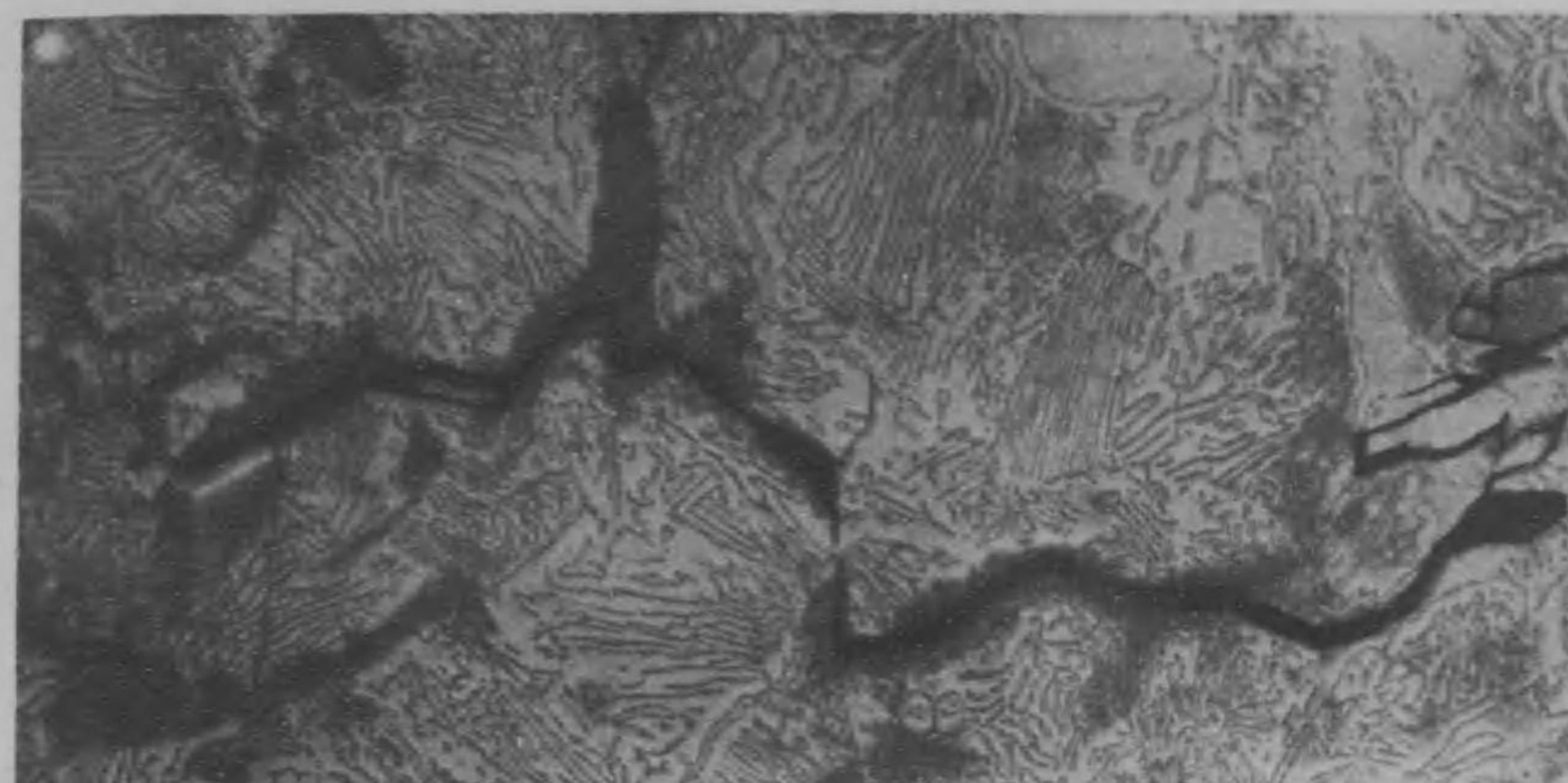
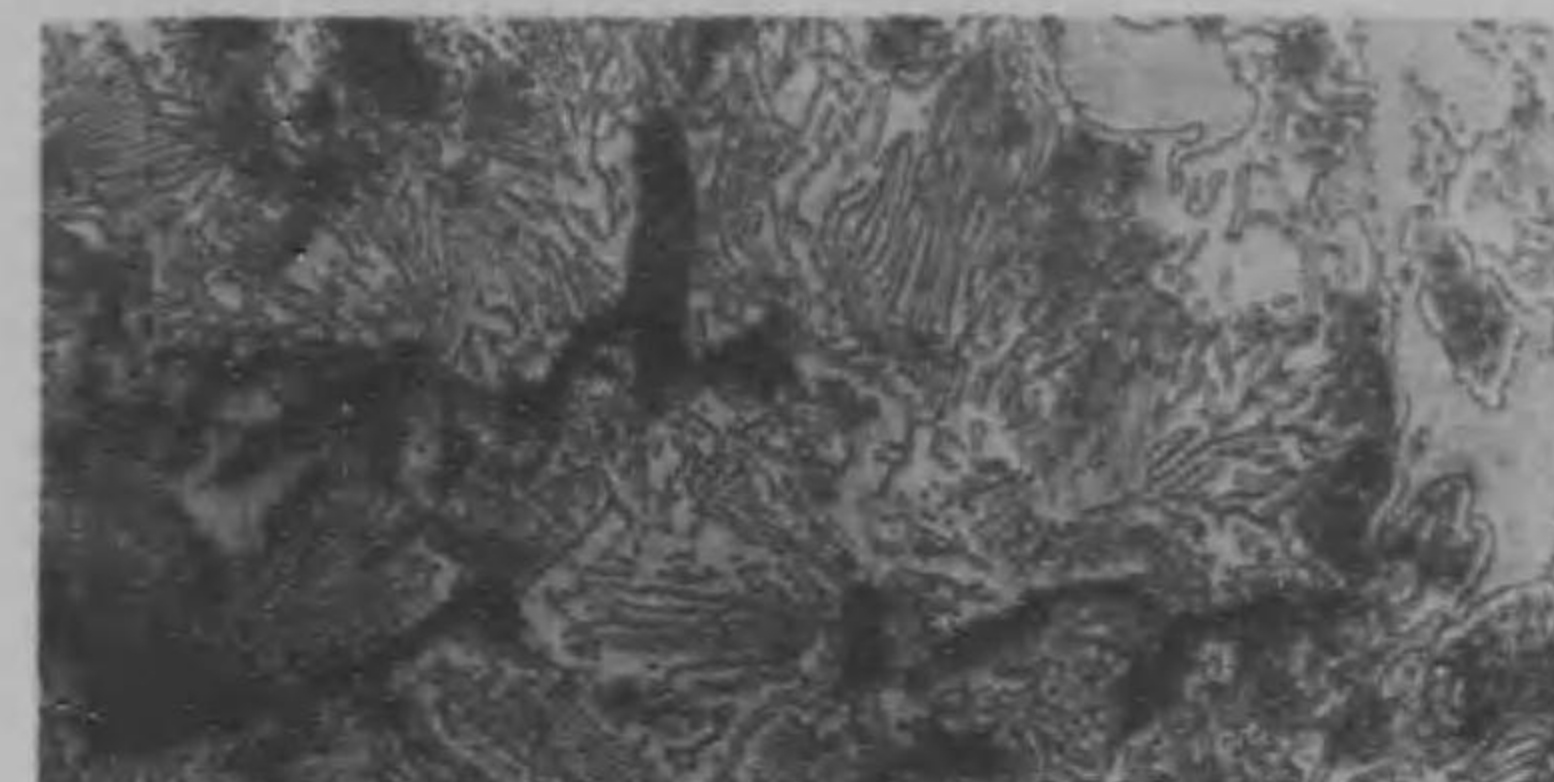
20. 彎曲ニヨル破壊ノ顯微鏡的觀察

牽引應力ヲ受ケル鑄鐵ガ如何ニシテ破壊ヲ起スカヲ實驗スルタメニ小ナル鑄鐵試験片ヲ顯微鏡下ニ彎曲セシメテ裂傷ノ發生及ビ進行ヲ觀察スル時ハ甚ダ興味アル事實ヲ認メ得ラレルノデアアル。即裂傷ハ先ヅ主トシテ牽引應力ノ方向ニ直角ヲナス黒鉛脈ヨリ起ル。又場面中ノセメントイトガ龜裂ヲ生ジ

易イ事モ事實デアル。而シテ荷重ノ増大ト共ニ之等ノ裂傷ガ
 パーライト中ヲ進ミテ遂ニ全組織ヲ貫通スルニ至ルノデアツ
 テ21圖(破壊前)ニ示ス如キ材料(N)ガ破壊ヲ起ス有様ハ22圖及23
 圖ニ見ル様デアル。即23圖ノ左側ハ22圖ノ右側ニ連續スベキ
 モノデアルガ同ジセメントタイトノ劇シキ龜裂ガ之等ノ兩圖ニ
 顯レテ居ル(aヲ見ヨ)。次ニ黒鉛及セメントタイトノ龜裂ヲ連絡
 スルパーライト中ノ裂傷ハ21圖及22圖ヲ比較スレバ判ル様ニ
 大ナル豁ヲナシテ居ルニ拘ハラズ場面ニ何等ノ著シイ變形ヲ
 殘シテ居ナイ。尙又23圖ニ於テモ拮据ナル場面ハ裂傷ノ横斷
 セル外別ニ異狀ヲ呈シテ居ナイノデアル。之ニ反シテ24圖(破
 壊前)ニ示ス如キ他ノ材料(T)ヲ彎曲セシメタ時ノ有様ハ25圖ニ
 見ル様ニ前ト餘程様子ガ違フノデアツテ即圖ノ上部稍左方ニ
 偏シタルトコロニフアーライトノ皺ヲ生ジ(bヲ見ヨ)又右方ノ
 富士山形ノ硬イ物質ノ龜裂ニ續イテパーライトノ變形ヲ生ジ
 テ居ル(cヲ見ヨ)。其他兩圖ヲ注意シテ比較スレバ明カナル様
 ニ裂傷ノ發生ガ場面一部ノ變形ヲ生ジ即前ノ例ニ比シテ遙ニ
 粘リ強イ事ヲ顯ハシテ居ル。實際此種材料ヲ彎曲スル事度ヲ
 超エル時ハ試料表面ニ生ズル皺ノタメ顯微鏡ニ映ズル畫像ガ
 明瞭ナラザルニ至ルノデアル。

上ノ兩試料N及Tニ關スル破壊ノ顯微鏡的試験ノ結果ヲ11
 圖ニ示ス機械的試験ノ結果ト對照スレバ層ヨク兩材料ノ特
 性ヲ了解スル事ガ出來ル。

21. 鼠銑中ノ炭素量





鑄鐵ノ強サヲ高メルタメニ其組織ヲ如何ニ鹽梅スベキカノ問題ハ大要已ニ述ベタ所カラ定性的ニハ之ヲ判斷シ得ルノデアルガ併シ定量的ニ炭素量ヲ何程ニスルヲ可トスルカノ問題ニ至リテハ實例ニ依リテ判定スルコトガ必要デアル。ハウハ其著書¹⁾ノ一節ニ於テ優良ナル鑄鐵ノ成分ヲ檢シテ二十一ノ實例中ノ十五ハ化合炭素量ガ0.55乃至1.006%ナルコトヲ確メ其結果トシテ牽引ノ強サヲ主トスル場合ニハ凡ソ0.70乃至1%ノ化合炭素量ヲ可トスル旨ヲ結論シテ居ルノデアル。而シテ分析ノ結果ガ平均シテ擬共晶點ニ相當スル0.9%C以下ヲ示ス理ハ鑄鐵材質ノ不均一ニ基クモノトナシ即一方ニ0.9%以下ノ部分アレバ他方ニ於テ之ヨリモ高キ部分存在シ從テ斯ル高イ炭素量ノ場所ニ現レル可キ脆弱ナル組織(セメントイト若クハレデフライト)ガ牽引ニ對スル弱點トナル傾大ナルタメデアルト説明シテ居ル。此説明ハ理屈ノナイ議論デハナイケレドモ若シ單ニ之等ノ脆イ物質ガ鑄鐵破壞ノ原因デアルト云フナラバ寧ロ最初カラ龜裂ニ等シイ黒鉛層ノ存在ヲ如何ニ説明セントスルノデアルカ。即裂傷ノ進行ニ甚大ノ關係アル場面ノ材質ヲ顧慮セズ單ニ一二物質ノ性狀ヲ論ズルハ未ダ鑄鐵破壞ノ真相ヲ穿ツモノト言ヘスト思フ。併シハウガ示シタ實驗成績及ビ之ヨリ歸納シタ結果ハ吾々ノ參考トスベキ好資料デアラウ。

尙其他ノ學者ガ推奨セル化合炭素量ハ多ク0.4—0.7%位デアツテ只壓縮應力ヲ受ケル所ニ之以上ノ量ヲ可トスル有様デ

1) Howe: Metallography of Steel and Cast Iron.

アル。

要スルニ強サヲ望ム時ニハ黒鉛ヲ或ル程度ニ制限シ即收縮モ左迄大ナラズ又削旋仕上グニモ困難ナラザル程ニ止メルト共ニ約0.7%位ノ化合炭素量ヲ有セシメル。即炭素全量ハ凡ソ3%デ硅素ハ1.5%位トシ1%ヲ下ルコトモアル。斯様ニ炭素及ビ硅素ノ量ヲ制限スルタメニ熔鐵屑ヲ混熔シテ所謂セミスチールヲ作ル。併シ此名稱ハ適當デナイ。尙強サヲ主トスル鑄物ノ成分ニ關シテハ31節ニ於テ實例ヲ示シ且簡單ナル解説ヲ試ミル積リデアル。

V. 鑄造應力

22. 膨脹及ビ收縮

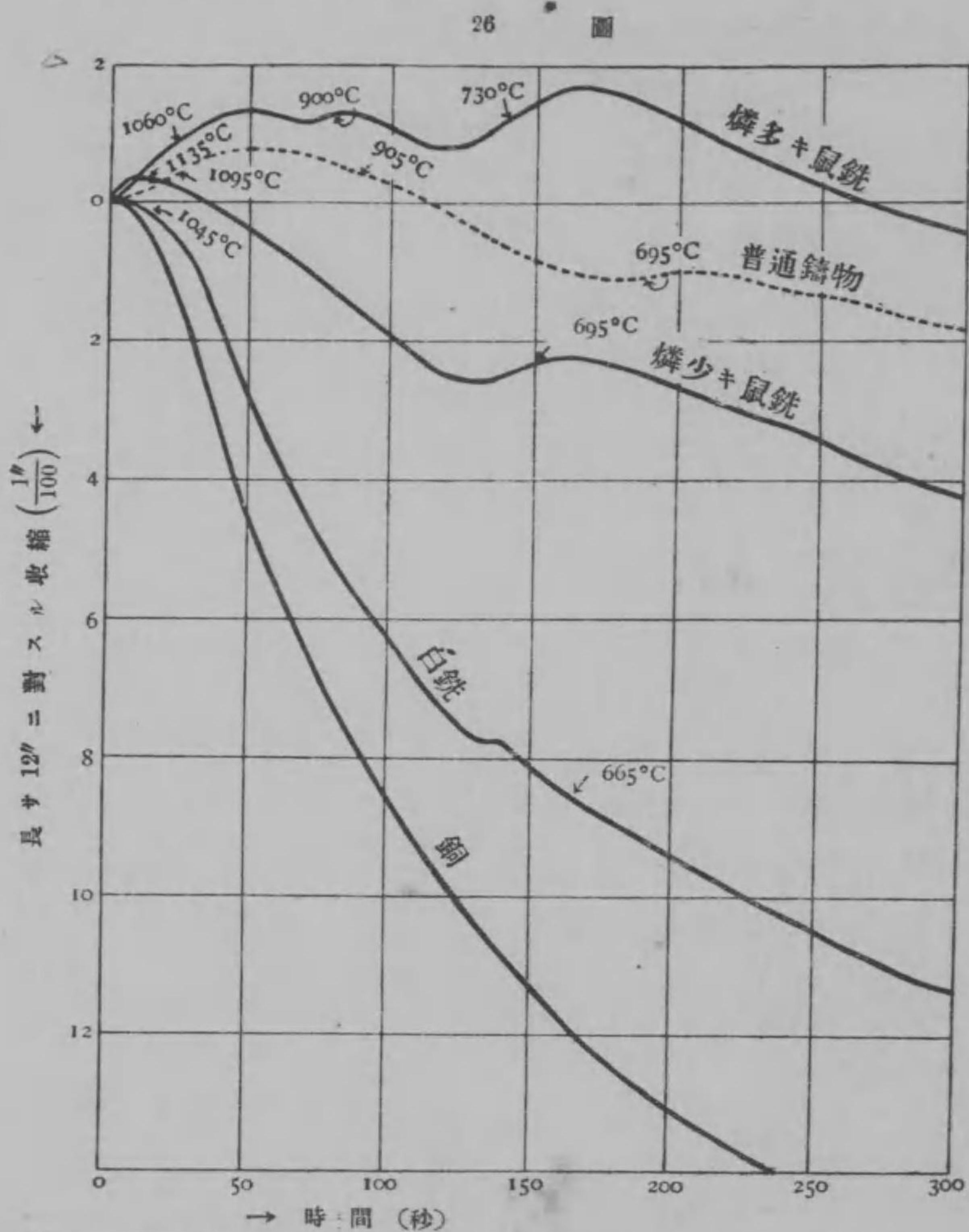
製品ノ大サガ所定ノ寸法ニナルタメニハ收縮ヲ見込ミタル延尺ヲ用キテ木型ヲ作り鑄型ノ大サヲ少シク大ニスルノガ普通ノ習慣デアル。此時長サノ縮ミハ鋼ナラバ約2%又鼠銑ナラバ約1%デアルガ之ハ湯ガ固リテ常温ニ冷エル迄收縮ガ略自由ニ起ル場合デ之ヲ妨ゲル原因ガアレバ自然收縮率ヲ異ニスル。又鼠銑ニ於テハ黒鉛ノ發生シ易イ場合ニハ縮ミガ少イ。要スルニ之ハ凝固並ニ冷却ノ全道程間ノ變化デアルガ途中デ長サガ如何ニ變化シ行クカヲ知ルコトモ鑄造上甚ダ大切ナ問題デアル。

前ニ述ベタ様ニ高温度ヨリ冷却セラレル純鐵ハ A_3 ニ於テ一時膨脹ヲ起スノデアルガ之ハ極急激ニ生ズル非連續性ヲ顯ハス。 A_2 ニ於ケル變化ハ不明瞭デ若シアリトスルモ殆ンド比較ニナラヌ程小デアル¹⁾

次ニ炭素鋼ノ冷却ニ於テハ A_3 ノ外 A_1 ニ於ケル膨脹ガアル。而シテ炭素量ノ増加ト共ニ A_1 ニ於ケル變化ガ著シクナルニ反シテ A_3 ノ方ハ衰へ且其温度ガ炭素量ト共ニ下ル故遂ニハ A_1 ノ變化ト區別スルコトガ困難ニナル。本多博士ハ炭素鋼ノミナラズ種々ノ特殊鋼ニ就テ加熱並ニ冷却ノ際ニ於ケル膨脹收縮

1) C. Benedicks: Journal of Iron and Steel Institute, 1914, No. 1, 419頁.

ノ現象ヲ實驗セラレタ¹⁾ 兎ニ角鋼ガ比較的大ナル全收縮率ヲ有スル外冷却ノ途中A₀及A₁ニ於テ膨脹ヲナスコトハ鋼ノ熱操作上注意スベキ事柄デアル。



鉄ノ縮ミニ關スル研究モ亦技術者ノ注意ヲ惹クニ足ル問題デアツテ鑄型ニ注ガレタ湯ガ凝固收縮スル間ノ長さ或ハ容積ノ變化ヲ實

1) K. Honda: Sci. Rep., Vol. VI, No. 4, 1917.

	白鉄	磷少キ鼠銑 (ヘマトイト)	磷多キ鼠銑 (ノサンプトン)	普通鑄物
炭素	化合	2.73	0.86	0.79
	黒鉛	—	2.53	2.73
硅素	0.01	3.47	3.98	1.41
硫黄	痕跡	0.03	0.03	0.07
磷	0.01	0.04	1.25	0.96
滿	痕跡	0.55	0.50	0.43

驗シタ成績モ數種發表サレテ居ルガ其中ターナーノ實驗ノ結果ガ26圖ニ示サレテ居ル¹⁾ 之ハ表ニ示ス様ナ成分ヲ有スル試片ノ長さ12"ニ就テ時間ト共ニ長さガ如何ニ變ズルカラ表スモノデ此結果ニ依テ見ルニ白鉄ハ凝固ニ際シテハ別ニ膨脹セズ只A₁ニ於テ長さノ變化ガ休止スルノミデアアルガ鼠銑ニ於テハ變化ガ大ニ趣ヲ異ニシテ居ル。即磷ニ乏シキヘマトイト銑ハ凝固ニ際シテ膨脹シ次ニ收縮ニ移リテ變態溫度ニ至レバ更ニ膨脹スル前者ハ凝固ニ伴フ黒鉛ノ遊離ニ起因スルノデアアル。

鼠銑中ノ成分ガ變ズルニ連レテ收縮ノ有様ガ變化スルノハ當然デアツテ即比較的多量ノ硅素及磷ヲ含ム鼠銑ニ對スル收縮曲線ハ26圖ノ最頂部ヲ走ル様ニ凝固並ニA₁變態溫度ノニツ以外900°C附近ニ尙一ツノ膨脹ヲ示シテ居ル。之ハ磷ノ存在ニ原因スルノデアアル。

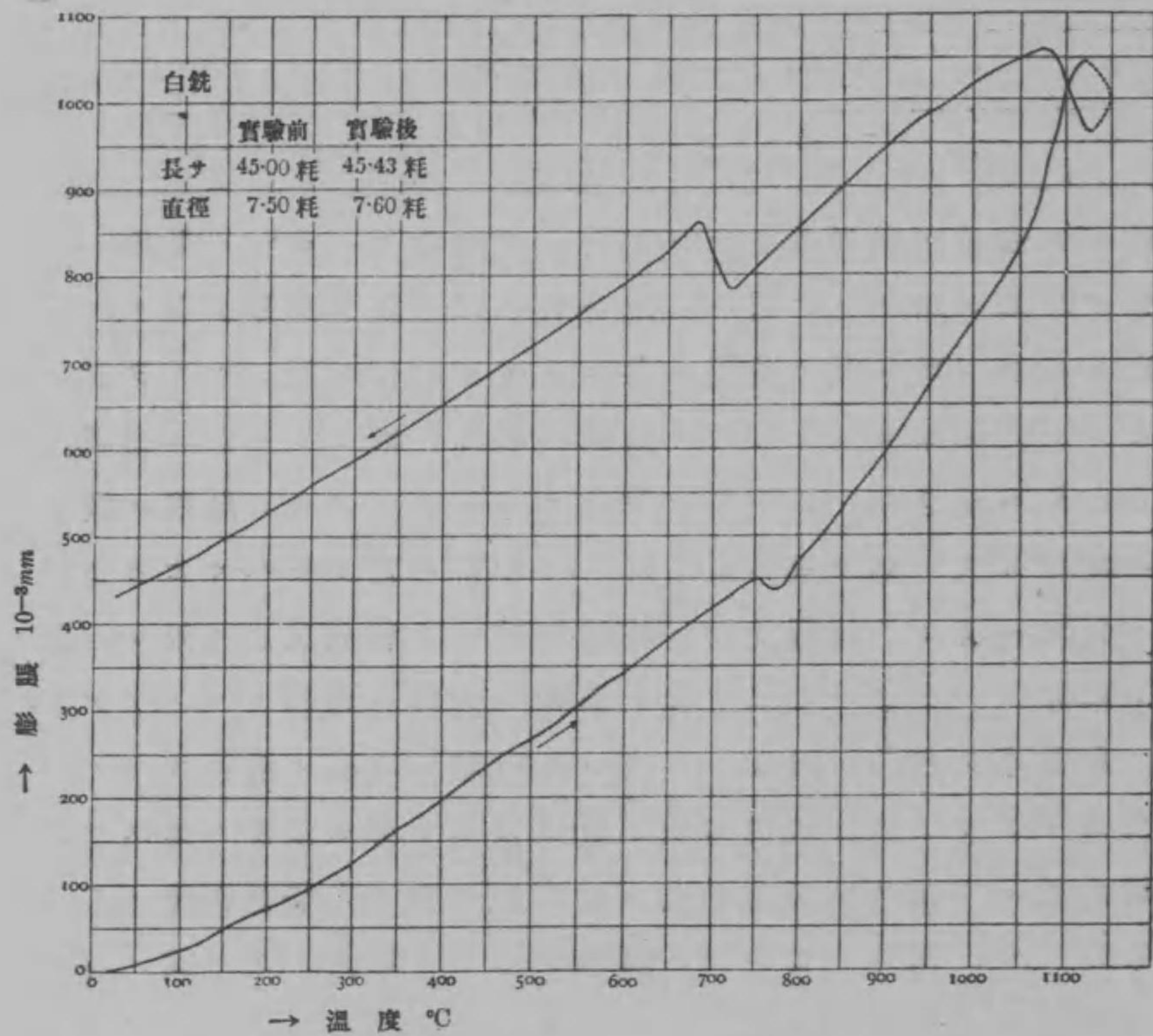
尙鉄中ノ特種ノ物質例ヘバ硅素、滿、俺等ガ凝固並ニ收縮ニ

1) T. Turner: Journal of Iron and Steel Institute, 1906, No. 1, 48頁以下.

及ボス影響ヲ檢スルコトハ必要デ興味アル問題デアル。從テ之等ノ點ニ關スル實驗ガ試ミラレ其成績ガ發表サレテ居ル¹⁾

加熱及冷却ニ際シテ銑鐵ノナス膨脹及ビ收縮ノ現象ヲ明カニスルタメニ行ツタ著者實驗室ニ於ケル測定ノ結果ガ27,28,29等ノ圖ニ示シテアル。此圖ニ於テ横軸ハ溫度ヲ表シ縦軸ハ延

27 圖

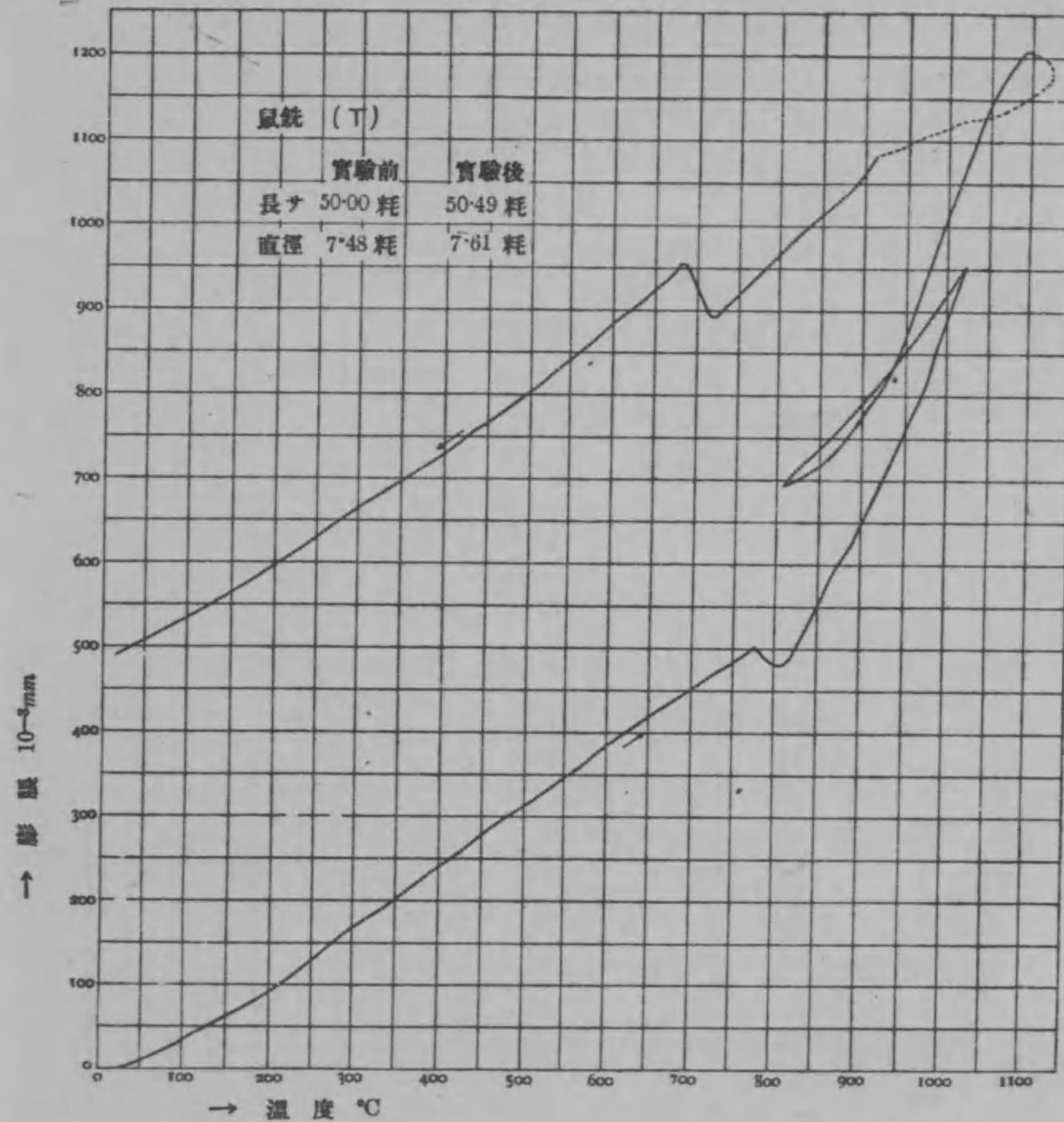


1) Hague and Turner : The Influence of Silicon on Pure Cast Iron. Journal of the Iron and Steel Institute, 1910, No. II.
Coe : Manganese in Cast Iron. 同上

長ヲ示ス。試料ガ白銑デモ鼠銑デモ常ニ A_1 ニ於テ急激ナル變化ヲ起シ、即加熱ニ際シテハ收縮シ、冷却ノ場合ニハ膨脹スル。

而シテ之等ノ非連続的變化ノ起ル溫度ハ履歴現象ヲ伴ヒ即冷却ノ時ノ方ガ加熱ノ時ヨリモ多少低イノハ當然デアル。

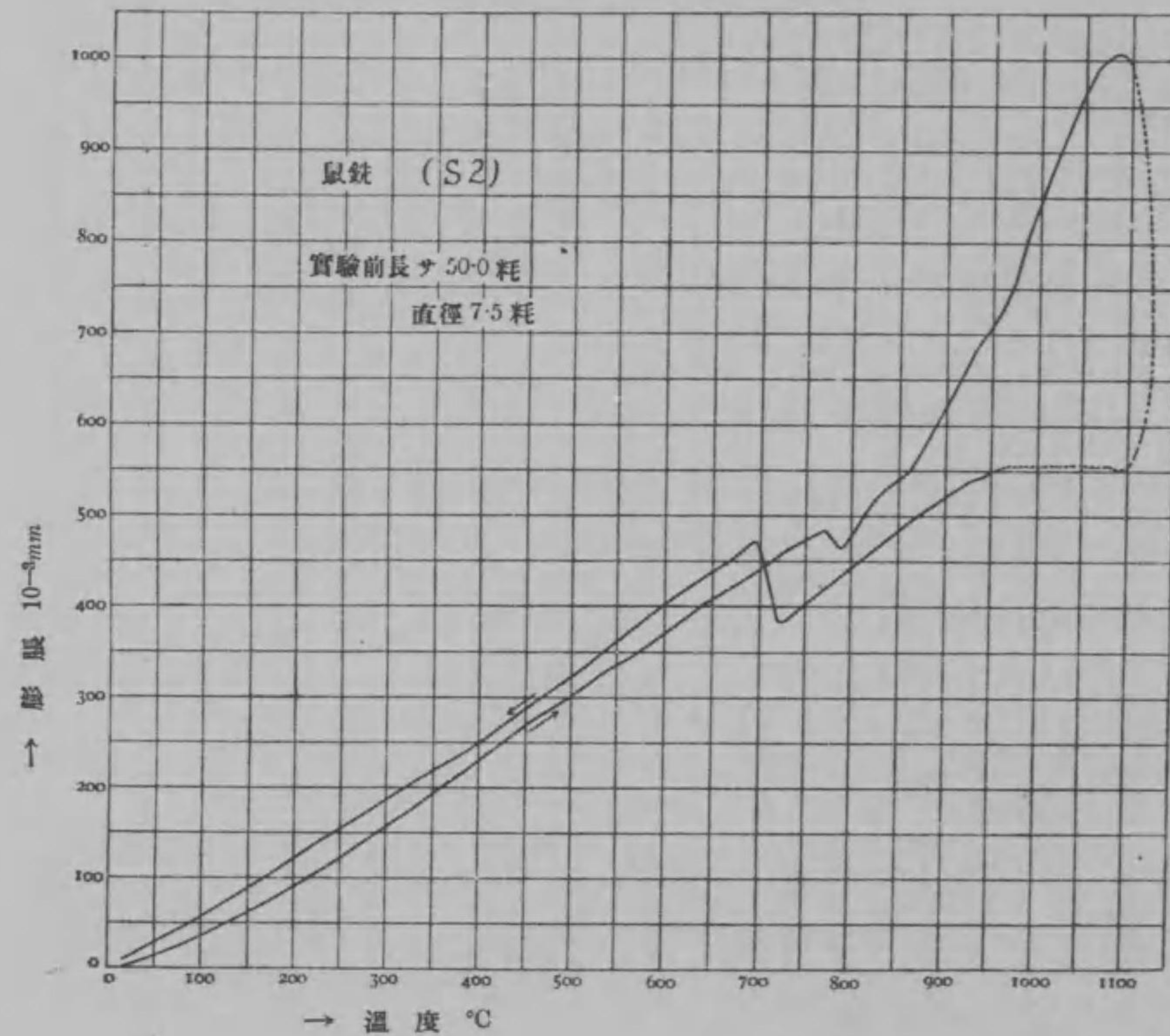
28 圖



尙之等ノ圖ニ於テ加熱曲線ノ最高點ハ試片ガ鑼テ熔融シ始メントスルタメ急ニ曲リ出シ夫レヨリ冷却曲線ニ移ル點線ノ部分ハ正確ニ長サノ變化ヲ表シテハ居ラス。

詳シク言ヘバ29圖ノ點線ハ測定ノ儘ヲ示シタモノデアアルガ27及28ノ兩圖デハ實驗前後ニ於ケル試験片ノ長サヲ測リテ其變化ニ合フ様冷却曲線ヲ移動サセテアル。要スルニ點線ノ形ニ重キヲ置クコトハ出來ス。又28圖ノ加熱曲線ガ1000°C以上

29 圖



ニ於テ一度下向シテ更ニ上ニ向ヒ細イ輪ヲ畫イテ居ルノハ加熱爐ノ電流ガ不意ニ一時絶タレタ爲メニ溫度ノ下ツタ故デアアル。尙之等ノ實驗ハ可ナリノ真空中デ行ツタモノデアアル。

上ノ曲線中鼠銃ニ對スルモノガ冷却ノ初期ニ於テ一時的膨脹ヲ示シテ居ナイノハ前述ノ如ク熔融溫度ニ近イ點デ試片ノ伸縮ガ正確ニ指示サレ難イ計リテナク本當ニ熔融スルノヲ避ケタカラデアアル。只白鉄ノ場合ニハ冷却初期ノ膨脹ガ顯レテ居ル。蓋シ之ハ炭素ノ遊離ニ基因スルノデアラウ。

借鼠銃ノ兩線圖ニ就テ最モ注目ニ値スルノハ加熱曲線ノ高イトコロニ於テハ勾配ガ著シク急ニナツテ即膨脹ガ甚ダ急速デアアル事ヲ示シテ居ル。之ニ反シテ冷却曲線ノ變態溫度以上ノ部分ハ傾斜ガ甚ダ緩デアアル。即鼠銃ヲ加熱スル時ノ膨脹率ハ普通假定サレル收縮率ノ1%ヨリハ遙ニ大デ鋼ノ場合ノ數値ニ比シテ遜色ガナイノヲ見レバ加熱ニ際シ黒鉛ヲ包ム鋼ノ部分ガ自由ニ伸ビルモノト推斷スルコトガ出來ル。併シ冷却ノ時ハ或原因ノタメニ自由ナル收縮ガ阻止セラレルノデアアル。此原因ガ黒鉛ニアル事ハ明カデアアルガ兩曲線ノ勾配ノ相違ガA₁以上ニ起ル點カラ考ヘルニ元來凝固シタ鐵ノ溫度ガ下ルニ從ヒテ固溶體ノ炭素ニ對スル飽和濃度モ亦下ル故之ガタメニ固溶體中ノ炭素ハ次第ニ外ニ出ル。若シ炭素ガ黒鉛トシテ遊離スレバ之ガ爲メニ容積ハ可ナリ膨脹シ様トスルカラ冷却ニ伴フ收縮ヲ小ナラシメル。而シテ變態溫度ニ於テ普通ノ膨脹ハ勿論デアアルガ尙若シ黒鉛ガ遊離スレバ一層大ナル膨脹ヲ來スノデアアル。以上述べタ事柄ト反對ノ事ガ加熱ニ於テモ起ル

様ニ見エルケレドモ鐵ニ吸收セラレル炭素ノ場所ハ直ニ鐵ヲ占領サレナイカラ見掛ケノ容積ガ炭素ノ吸收ト共ニ小トハナラス。從テ變態溫度ニ於ケル曲線ノ突起ガ冷却ノ時程著シクナク又此溫度以上ニ於ケル膨脹ノ割合ガ收縮ノ時ヨリハ大ナノデアツテ即實驗前後ノ黒鉛量ガ大差ナクトモ加熱及冷却ノ兩曲線ガ可逆ナラザル結果トナルノデアラウ。

23. 鑄造應力ノ發生

溫度ノ變化及ビ之ニ伴フ膨脹又ハ收縮ノ有様ガ同様ナラザル二本ノ棒ヲ其兩端デ結合シテ之ヲ放置スレバ最初相互間ニ牽制ノ力ナシトスルモ溫度ノ變化ト共ニ次第ニ力ヲ及ボシ合ヒテ兩方ノ棒ノ斷面ニ或ル應力狀態ヲ生ズル事恰モ琴ノ絲ト胴トノ間ニ夫レ自身牽引及壓縮ノ力ガ作用スルノト相似テ居ル。

今棒ノ截斷面積ヲ f_1, f_2 トシ之ニ作用スル應力ハ斷面ニ一樣ニ配布サレルモノト假定シテ其値ヲ σ_1, σ_2 トシヤウ。但牽引應力ハ正デ壓縮應力ハ負デアル。然ル時ハ $f_1 \sigma_1$ 及ビ $f_2 \sigma_2$ ナル二力ハ平衡ノ狀態ニアル故

$$f_1 \sigma_1 + f_2 \sigma_2 = 0$$

又ハ

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = - \frac{f_1}{f_2} \quad (23)$$

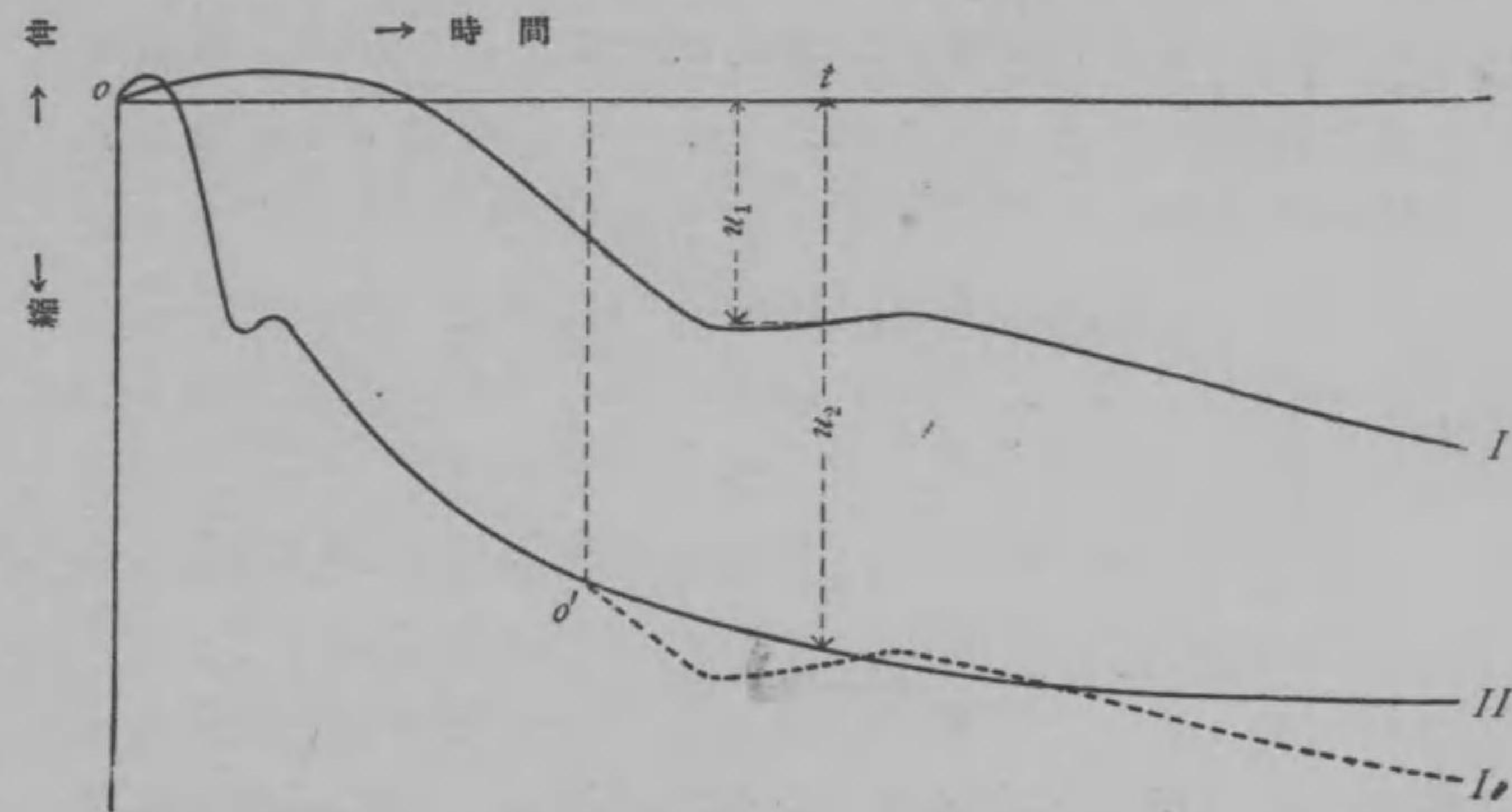
即兩應力ハ必ズ正負符號ヲ異ニシ且所屬斷面積ニ反比例スルモノデアル。

多クノ鑄物ハ斯様ニ簡單ナル兩部ニ分ケル事ハ出來ヌケレ

ドモ此簡易ナル考察ノ結果ヲ一ツノ標本トシテ實際問題ニ臨メバ少クモ定性的ニ適當ナル判斷ヲ下シ得ル場合ガ少クナイト思フ。

借上記ノ二本ノ棒ガ高溫度ヨリ時間ト共ニ冷却シ從テ自由ニ其長サヲ變ズル有様ヲ30圖ニ示ス如キ線圖トシテ表ハサウ。

30 圖



圖ニ於テ横軸ハ時間 t ヲ示シ縦軸ハ單位長ノ變化ヲ表ハス。但伸ビハ正トシ縮ミハ負トスル即圖ノ u_1 及ビ u_2 ハ原點 0 ニ近キ一部分ヲ除ク外常ニ負數デアル。上述シタ様ニ此線圖ハ棒ガ自由ニ伸縮シ得ル場合ヲ示シタノデ從テ或ル時間 t ヲ經タ時ノ棒ノ長サハ相互間ノ牽制ナキ限リ $1+u_1$ 及ビ $1+u_2$ トナツテ不同デアル。併シ棒ノ兩端ヲ結合シテ常ニ等長ヲ保タシメルナラバ此處ニ牽制ノ力ガ作用スル事已ニ述ベタ如クデアツテ之ガタメニ夫々 ϵ_1 及ビ ϵ_2 ナル伸縮ヲ餘儀ナクセラレル。

即兩者ガ共同ノ長サヲ保ツ事ヲ式デ書ケバ

$$(1+u_1)(1+\varepsilon_1) = (1+u_2)(1+\varepsilon_2)$$

“及ビ ε ノ相乗積ハ之等ノ何レヨリモ遙ニ小ナル故省略スレバ

$$u_1 + \varepsilon_1 = u_2 + \varepsilon_2$$

只今ノ計算ニ於テ常數ノ彈性係數ヲ用キル事ノ不可ナルハ言フ迄モナイ話デアルガ併シ大體ノ性狀ヲ明カニスル目的ニ對シテハ簡單ノタメニ ε ノ式トシテ σ ノ一次項ノミヲ取リテ下ノ様ニ書カウ。

$$u_1 + \frac{\sigma_1}{E_1} = u_2 + \frac{\sigma_2}{E_2} \quad (24)$$

(23) (24) 兩式ヨリ σ_1 及ビ σ_2 ヲ求メレバ

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{E_1 E_2 f_2}{E_1 f_1 + E_2 f_2} (u_2 - u_1) \\ \sigma_2 &= \frac{E_1 E_2 f_1}{E_1 f_1 + E_2 f_2} (u_1 - u_2) \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

此式ニ於テ若シ E_1 又ハ E_2 ガ零ナラバ σ_1 及 σ_2 ハ共ニ零トナル。即收縮曲線ノ或ル部分ガ材料ノ緩徐ナル粘性的變形ヲ示スモノトスレバ其間ハ相互間ニ應力ノ作用ガナイ。

次ニ

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_1 &= \frac{E_2 f_2}{E_1 f_1 + E_2 f_2} (u_2 - u_1) \\ \varepsilon_2 &= \frac{E_1 f_1}{E_1 f_1 + E_2 f_2} (u_1 - u_2) \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

若シ $E_1 = 0$ ナラバ $\varepsilon_1 = u_2 - u_1, \quad \varepsilon_2 = 0$
又モシ $E_2 = 0$ ナラバ $\varepsilon_1 = 0, \quad \varepsilon_2 = u_1 - u_2$

即一方ノ棒ガ徐々ニ粘性的變形ヲナス間ハ之ト結合セラレタル他ノ棒ハ自由ニ收縮ヲナシ共同ノ長サハ粘質材料ノ伴食的變形ニヨリテ之ヲ保ツ様ニナル。

上ノ計算ノ結果ヲ眞直ナル一本ノ棒ヲ鑄造スル場合ニ應用シテ見ヤウ。即先ヅ鑄物ガ内外ノ兩部 (I, II) ニ分ケラレタトシテ其材質ハ同様デアルケレドモ只溫度ノ變化スル速サガ異リ即外 (II) ガ早ク冷エテ内 (I) ガ後レルトスレバ冷却ノ間常ニ $u_2 - u_1 < 0$ ナル故

$$\sigma_1 \text{ 及ビ } \varepsilon_1 < 0$$

$$\sigma_2 \text{ 及ビ } \varepsilon_2 > 0$$

即内部ハ壓縮ヲ受ケ外部ハ牽引ヲ受ケル。而シテ長時間後ニ於テハ $u_1 = u_2$ トナルベキ故應力及伸ビハ共ニ消滅スル。此際ニハ後ニ殘ル鑄造應力ノ作用ガナイ。

次ニ外部ガ或ル程度迄冷却收縮スル間内部ハ未ダ軟カナル故此時機ニ於テハ $E_1 = 0$ トシ從ツテ外部ハ内部ノ牽制ヲ受ケズ自由ニ收縮スルモノトシヤウ。即此間ハ應力ノ作用ガナク或ル時間ヲ經タ時初メテ内部ノ牽制運動ガ始マル。依テ應力配分ヲ考ヘルタメニ此時ニ相當シタ兩收縮曲線上ノ點ヲ同一ノ原點 O' ニ會合セシムレバ若シ内外ノ材質ガ同様ナラバ結局内部ノ收縮ヲ示ス曲線 I' ハ外部ノ曲線 II ノ下方ヲ走ル様ニナル。而シテ長時間後兩曲線ハ相離レタ儘止マル可キ筈デアルカラ最後ニ次ノ狀態ガ持續セラレル。即 $u_2 - u_1 > 0$

從テ

$$\sigma_1 \text{ 及ビ } \varepsilon_1 > 0$$

$$\sigma_2 \text{ 及 } \epsilon_2 < 0$$

即内部ハ牽引ヲ外部ハ壓縮ヲ受ケル。之ガ普通ノ鑄物ニ於テ見ル場合デアアル。

次ニ内外ノ材質ガ同様デナイトシヤウ。然ル時ハ或ル時間後ノ兩曲線ヲ同一原點ヨリ出發セシムル時ハ必シモ上ノ I' 及ビ II' ノ如キ位置ヲ取ラヌ場合ヲ生ジヤウ。例ヘバチルド鑄物ニ於テハ外部ハ白銑ノ組織ヲ取ル故收縮率大デアアルガ内部ハ鼠銑ノ組織ヲナス故收縮率小デアツテ曲線ノ形ハ前ニ掲ゲタターナーノ實驗ノ結果ノ如クデアアル。故ニ此場合ニハ曲線 I' (内部)ガ II'(外部)ノ上方ニ位置シタル儘冷却シ終ルベク從テ

$$u_2 - u_1 < 0$$

故ニ

$$\sigma_1 \text{ 及 } \epsilon_1 < 0$$

$$\sigma_2 \text{ 及 } \epsilon_2 > 0$$

即内部ハ壓縮ヲ受ケ外部ハ牽引ヲ受ケル。チルドロールノ場合ニハ恐クスル現象ヲ生ズルデアラウ。

上ノ説明ニ於テハ鑄物ヲ恰モ相牽制シ合フ二本ノ棒ト考ヘ内部ガ粘性的ナル間ハ應力ノ作用ガナイト假定シタケレドモ場合ニヨリテハ凝固セル外皮ガ完全ニ内部ヲ包ミ從テ内部材料ノ容積膨脹ヲ妨グントスル結果ヲ生ズル筈デアアル。此時ニハ内部ガ彈性的デナクトモ外部ニ壓迫ヲ加ヘ得ルノデアツテ例ヘバ外部ガ白銑デ内部ガ鼠銑ナラバ Δ_1 ノミナラズ黒鉛ノ發生ガ外皮ニ牽引應力ヲ作用スルデアラウ。今述べタ事並ニ上ニ説イタ事何レヨリスルモチルドロール内部ノ組織ガ屢々生ズル外皮ノ龜裂ニ大ナル影響アル事ヲ想ハシメルノデアツテ

此點ヨリスルモロールノ成分トシテ成ルベク C 及ビ Si ノ過剰ナラザル配合ヲ擇ビ内部ニ生ズル黒鉛ノ量ヲ制限スル様ニスルノガ望マシイノデアアル。

24. 鑄造應力ノ實驗

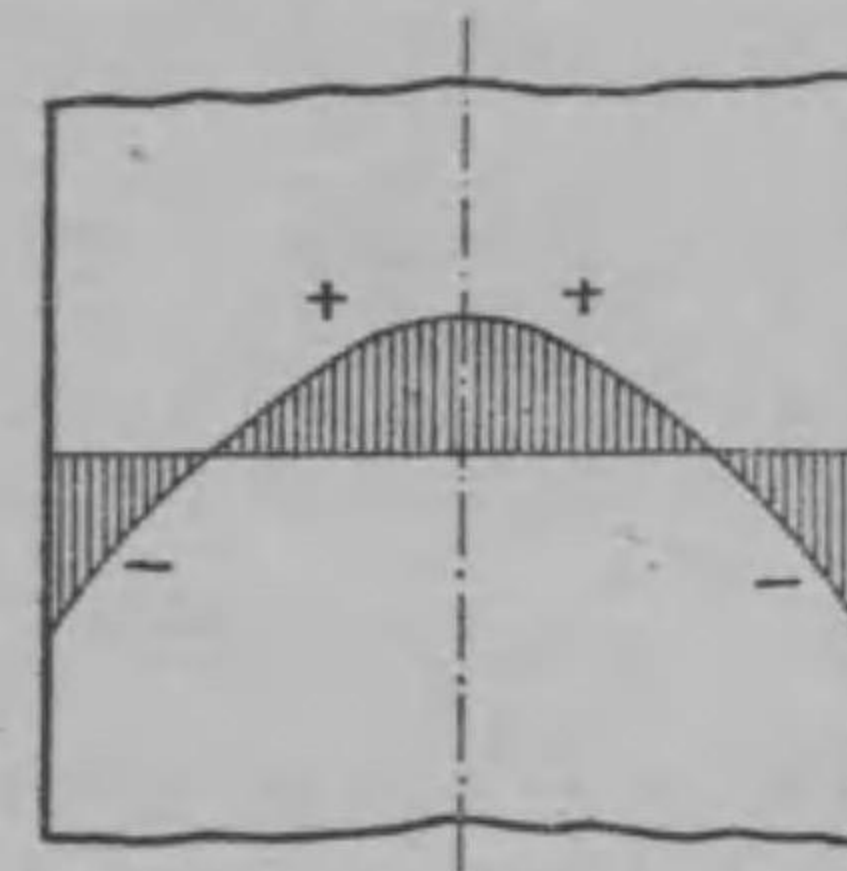
前節ニ述べタ様ナ理由デ鑄物中ニ發生シ冷却後モ永ク潜伏シテ居ル應力ノ存在ヲ實驗スルタメニハ例ヘバ柱狀ノ試験片ヲ作り其皮ヲ剝グノガ最モ簡明ナル方法デアアル。素ヨリ之ガ

タメニ鑄物自身ハ壞サレテ仕舞フ。

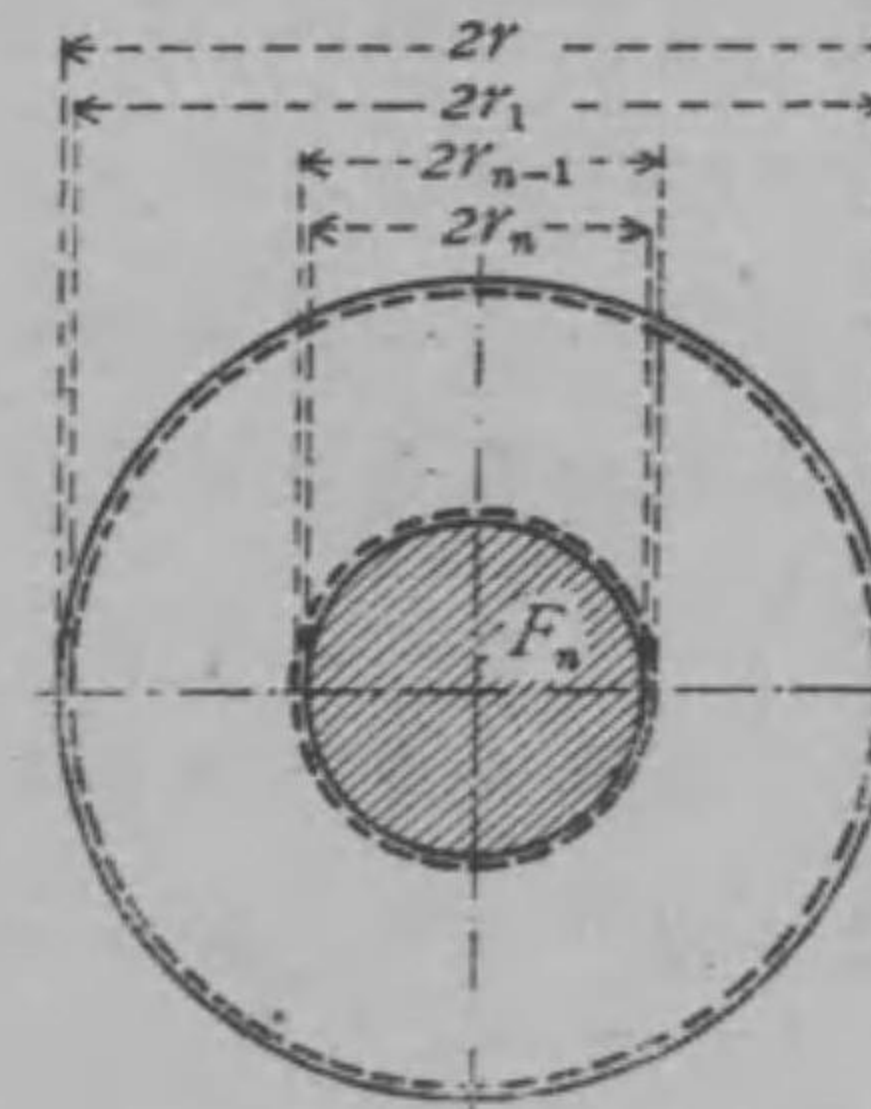
例ヘバ試験片ノ内部ニ 31 圖ノ如キ應力ガ作用シテ居ルモノト假定スレバ皮ヲ削ルニ從テ長サガ變ズルノデアアル。截断面ノ最初ノ寸法ヲ $2r$ トシ周圍ヲ少シ削リ落シテ徑ヲ $2r_1$ ニスレバ(32 圖)此削リ落シタ部分ニ働イテ居タ應力ガ壓縮應力ナラバ力ノ消滅ト共ニ棒ハ縮ム。

斯様ニシテ順次 n 個ノ層ヲ削リテ $2r_n$ ナル寸法ニ達スル時棒ノ單位長ニ付平均 ϵ_n ナル伸ビ又ハ縮ミヲ生ズルトスレバ已ニ削リ落シタル面積ニ作用スル力 $\sum_1^n f_k \sigma_k$ (f ハ各層ノ面積、 σ ハ應力)ハ殘部ノ面積 F_n 上ノ應力 $E \epsilon_n$ (E ハ彈性係數デ簡單ノタメニ不變ト

31 圖



32 圖



假定シヤウ)ト平均セネバナラヌ。從テ

$$\sum_1^n f_k \sigma_k = E \epsilon_n F_n$$

而シテ若シ左邊ノ力ガ牽引力ナル時ハ右邊ノ ϵ_n ハ伸ビヲ示シ、
又壓縮力ナル時ハ縮ミヲ示スベキデアアル。

偕上式ヨリ

$$\begin{aligned} f_n \sigma_n &= E \epsilon_n F_n - \sum_1^{n-1} f_k \sigma_k \\ &= E (\epsilon_n F_n - \epsilon_{n-1} F_{n-1}) \end{aligned}$$

又ハ

$$\sigma_n = \frac{E}{f_n} (\epsilon_n F_n - \epsilon_{n-1} F_{n-1}) \quad (27)$$

σ_n ノ符號ハ右邊括弧内ノ式ニヨリテ正負何レトモナル又特
ニ $n=1$ ナル時ハ $\epsilon_0=0$ ナル故

$$\sigma_1 = \frac{E \epsilon_1 F_1}{f_1} \quad (28)$$

若シ ϵ_1 ガ正(伸ビ)ナル時ハ σ_1 ハ牽引應力デ又 ϵ_1 ガ負(縮ミ)ナル
時ハ σ_1 ハ壓縮應力デアアル。

著者ハ最初 60 mm ノ直徑ヲ有スル鑄鐵製丸棒ヲ直徑 20 mm
ノ試験片ニ仕上ゲ置キ一年半以上ノ時間ヲ經過シタル後上ノ
方法デ鑄造應力ヲ測定シタルニ極精確ナル數ハ與ヘ難イケレ
ドモ外周ニ近ク平均凡ソ 100—200 kg/cm² ノ壓縮應力ヲ見出シ
尙應力ノ絶對値ハ内部ニ向フニ從ヒテ漸次小トナリ途中デ其
符號ヲ變ジテ中心ニ向テ漸次増大スル牽引應力トナリテ作用
スルコトヲ確メタ¹⁾ 斯ル計算ニ於テ應力ガ棒ノ一定ノ長サノ

1) 九州帝國大學工科大学紀要第一冊第三號

間不變ト考ヘルノハ素ヨリ事實ニ合ハナイ假定デアアル。併シ
相當ニ長イ棒ノ一部ニ就テ考ヘレバ稍真ニ近イ筈デアアル。上
ノ測定ニ於テハ充分此點ヲ尊重スル事ガ出來ナカツタカラ出
タ數値ハ或ル長サノ間ノ平均値ト見ネバナラヌ。從テ一局部
ニハ上ノ値ヨリモ大ナル應力ガ作用シタデアラウト思ハルル。

25. 鑄造應力ノ影響

鑄物内部ニ潜在スル鑄造應力ハ之ヲ避ケル事ガ出來ナイト
スレバ其影響ヲ考ヘルノガ必要デアツテ先ヅ第一ニ鑄物ノ強
サニ關係ヲ有シ甚シキニ至リテハ鑄造應力ノミデ鑄物ヲ破壊
スルコト屢々實際ニ經驗セラレル事柄デアアル。次ニ左迄劇甚
ノ影響ヲ生ゼザル場合デモ鑄造應力ハ鑄物ニ忌ムベキ變形ヲ
與ヘル事ガアル。例ヘバ矩形断面ヲ有スル棒ノ一側面ヲ平ニ
削ル場合ノ如キ往々棒ノ彎曲ヲ起シテ正確ナル平面ヲ生ジ難
キ事丁度生乾キセル木材ヲ削ルノト同様デアアル。

又鑄造應力ハ鑄造後時間ヲ經ルニ從ヒテ鑄物ヲ徐々ニ變形
セシメテ漸次終局ノ状態ニ近ヅカシメルモノト考ヘラレテ居
ル。從テ鑄造後直ニ削旋仕上ゲ等ヲ施シタモノハ時間ト共ニ
多少其形ヲ變ズルモノデアアルカラ大切ナル部分ノ鑄物ハ鑄造
後數年間放置シテ然ル後加工スルノガ望マシイ譯デアアル。併
シ此時ト雖尙應力ノ潜在ハ之ヲ豫期セネバナラヌ。

鑄造應力ヲ減退サセル目的デ鑄物ヲ熱スル事ハ單ニ鋼計リ
デナク鼠銑ノ場合ニモ行ハレル作業デアアル。此時加熱溫度ガ
重要ナ問題トナル事ト考ヘラレルガ²²節ニ述べタ様ニ A_1 以上

ノ溫度デ履歷現象ヲ呈スルノハ特ニ注意スベキ點デアラウ。何トナレバ此作用ノタメニ反テ潜伏應力ヲ喚起スルガ如キ惡影響ヲ避ケルベキデアルカラ。アプトン¹⁾ハ其著書ノ中ニ自動車用氣筒及ピストンノ加熱法ヲ述ベテ荒仕上ゲ後徐々ニ凡ソ650°C位迄高メ次ニ緩徐ナル冷却ヲ以テスベキ様記載シテ居ルガ此溫度ナラバ前述ノ様ニ A_1 以上ニ於ケル危險ガ伴ハナイ故宜シイ譯デアアル。

1) Upton: Materials of Construction, 1916, 253頁

VI. 破壊ノ法則

26. 破壊ノ假説

材料ヲ單ニ引張り又ハ壓シ、曲ケ又ハ振ルト云フ工合ニ何レカ一種類ノ荷重ヲ加ヘテ單純ナ應力ヲ生ズル場合ニハ夫レ夫レ之等ニ相當シタ強弱試験ノ結果カラ何程ノ荷ニ堪エルカヲ容易ニ定メル事ガ出來ル。併シ外力ノ作用ガ複雑トナリテ例ヘバ曲ケト振リトガ同時ニ聯合シテ作用スルガ如キ場合ニ一々之ニ相當シタ實驗ヲ試ミズニ其材料ノ強サヲ判斷スル基準ヲ設ケル譯ニハ行クマイカ。之ガタメニハ材料ノ破損ガ如何ナル規則ニ從フカヲ研究セネバナラス。詳シク言ヘバ材料ノ受ケル應力狀態ノ何レノ點ヲ捉ヘレバ安全ト危險トノ境ヲ定メル事ガ出來ルカト云フ問題デアアル。

一般ニ材料ノ破損スル有様ハ一様デナク即大別スレバ可鍛鐵ノ様ニ破損前ニ大ナル延伸ヲ伴フモノト鑄鐵ノ様ニ小ナル伸ビヲ以テ壞レルモノトノ差別ガアル。前者ニ於テハ著シキ伸ビガ已ニ破損デアツテ後者ニ於テハ破損ガ即破損デアルト言フ事ガ出來ル。從テ一般ニ材料破損ノ現象ヲ論ズルニハ破損ノ定義ヲ明カニセネバナラス。併シ茲デハ專ラ鑄鐵ヲ取扱ツテ居ルノデアルカラ破壊丈ケヲ考ヘレバ宜シイ。

儲破壊ノ原因ガ何レニアルカト云フ上述ノ問題ニ對シテ種種ノ假説ガアル。

(a) 例ヘバ材料ノ内ニ起ル最大ノ牽引又ハ壓縮應力ヲ捉ヘ

テ強サヲ定メウルモノトスル最大應力ノ假説モアル。

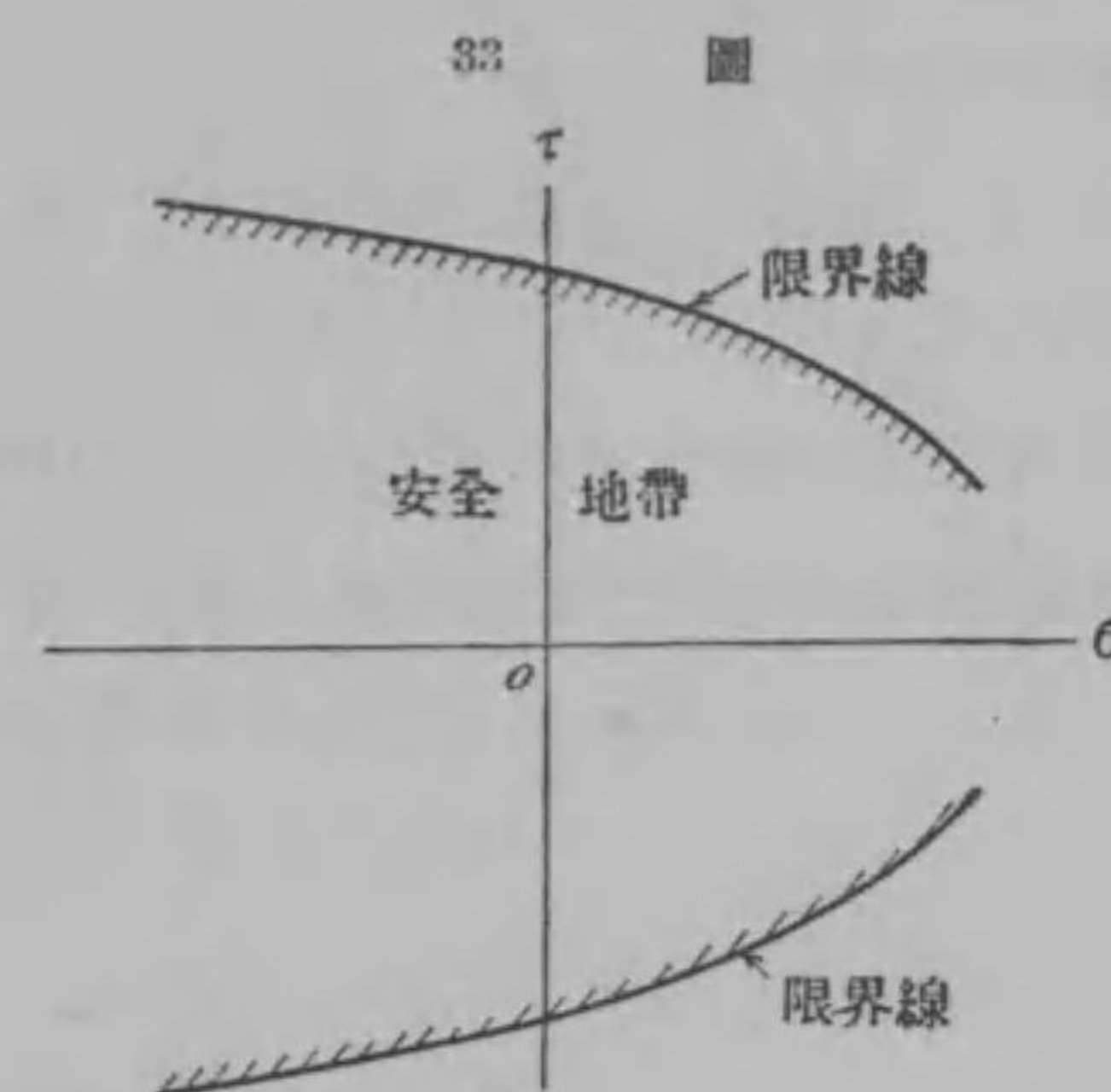
(b) 次ニ最大ナル伸ビ(又ハ縮ミ)ガ安危ヲ區別スル要素デア
ルト云フ最大延伸ノ説モアル。

(c) 或ハ最大ノ剪斷應力ヲ標準トスル假説モアル。

(d) 併シ之等ノ何レヨリモ一層概括的デア
ル假説ハ曾テII章5節ニ於テモ略述シタ様ニ(17頁)垂直及剪斷ノ兩應力ヲ基礎
トスル説デアツテ即材料ガ將ニ破壞セントスル極限状態ニ於
テハ破面ニ於ケル垂直及剪斷ノ兩應力ノ共同作用ガ破壞ヲ司
配スル者デアルト考ヘル。而シテ兩應力ノ何レカ一方ガ破壞
ニ參與セズシテ單ニ垂直應力又ハ剪斷應力ノミガ破壞ノ原因
トナルナラバ之等ハ上ノ(a)及(c)ノ假説ト合フ場合デア
ルガ共ニ只今ノ假説(d)ノ特別ノ場合ト見ル事ガ出來ル。特ニ鑄鐵ニ對
シテ此最後ノ假説ヲ吟味シヤウトスルノガ本章ノ目的デア
ル。

27. σ, τ 線圖ノ限界線

前節(d)ニ述べタ様ニ材料ノ破壞ハ破面ニ生ズル垂直及剪斷
ノ兩應力即 σ, τ ノタメデアルト云フ假説ノ應用ニ便ズルタメ
直交座標軸ヲ設ケ其横軸ハ σ ヲ表シ縦軸ハ τ ヲ示スモノト定
メヤウ(33圖)。今一定ノ材料ヲ種々ノ應力状態デ破壞シ夫レ夫
レノ場合ニ破面ニ起ル σ, τ ヲ計算シ之等ヲ座標トスル點ヲ記
ス時ハ應力状態ノ異ルニ連レテ幾個カノ點ヲ得ル故之等ヲ連
結スル曲線ヲ引ケバ之ニ依テ座標面ヲ二ツノ部分ニ分ケルコ
トガ出來ル。蓋シ與ヘラレタル σ ニ對シテ τ ガ小トナリテ破
壞ヲ起ス憂ハナイノデア
ルカラ必ズ σ ニ對シテ最大ノ τ ガ



材料ノ運命ヲ司ルモノデア
ラウ。夫レ故上ノ曲線上ノ
任意ノ點ハ横座標 σ ニ對シ
テ最大ノ τ ヲ縦座標トシ同
シ σ ニ對シテ之ヨリ小ナル
 τ ハ安全デア
ルガ其増スニ
從テ漸次危險ニ近ヅキ曲線
上ノ一點デ遂ニ破壞ガ起ル。
夫レ故之ヨリ大ナル τ ニ相

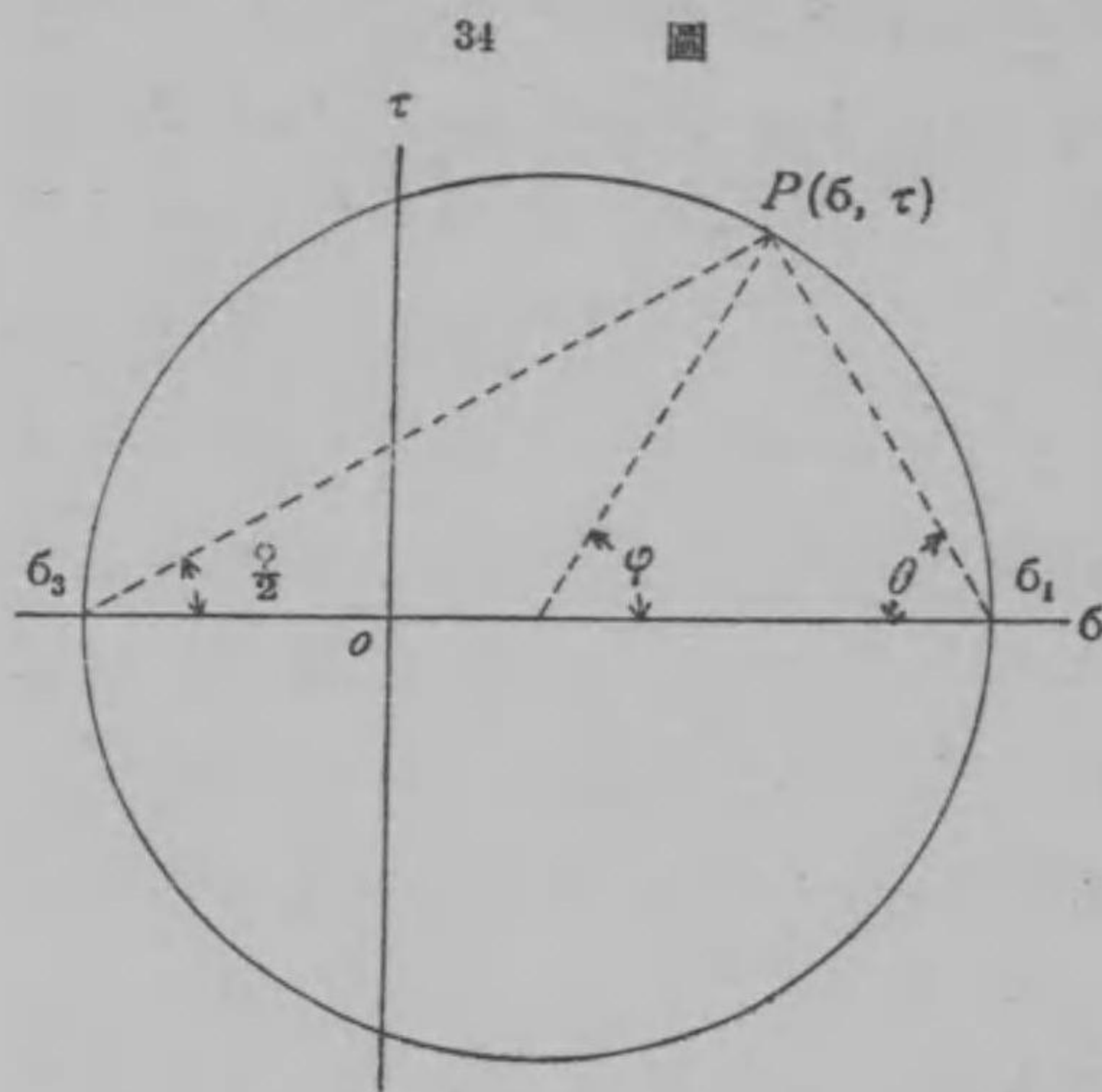
當スル曲線ノ外側ハ考ヘツ、アル材料ニ對シテ實在シ得ザル
領域デア
ル。此意味カラ上ノ曲線ヲ σ, τ 線圖ノ限界線¹⁾ト命名
スル。而シテ材料ノ安危ハ τ ノ符號ニ關係シナイカラ限界線
ハ σ 軸ノ兩側ニ於テ互ニ相稱ヲナス二條ノ曲線トナリ之等兩
曲線間ノ領域ガ安全地帯デア
ル。

上述シタ様ニ種々ノ應力状態デ材料ヲ試験シタ結果ヲ線圖
ニ表スニ際シテ破面ノ位置ヲ見出シテ之ニ作用スル應力ヲ計
算スルヨリモ實際ハ他ノ方法ヲ用キル方ガ簡單デ且巧妙デア
ル。夫レハ上ノ σ, τ 線圖ニ於ケル次ノ性質ヲ用キルノデア
ツテ即與ヘラレタル應力状態ニアル物體ノ任意ノ一點デ種々ノ
 σ 及之ニ相當シタ最大ノ τ ヲ取りテ之等ヲ座標トスル點ヲ記
セバ其軌跡ハ中心ヲ σ 軸上ニ置ク圓周デア
ツテ尙少シ悉ク
言ヘバ考ヘツ、アル點ニ於ケル三ツノ主要應力²⁾中ノ最大ノ應
力ヲ σ_1 トシ最小ノ應力ヲ σ_3 トスレバ此圓ハ次ノ方程式ヲ有ツ。

1) Critical line. 2) Principal stresses.

$$\left(\sigma - \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}\right)^2 + \tau^2 = \left(\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}\right)^2 \quad (29)$$

即中心ハ原点ヨリ $\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$ ナル距離ニアリテ半径ハ $\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$ ニ等シイ。此定理ノ證明ハ茲ニ省略スルケドモ之ノ應用ノ一



例ヲ示セバ凡テノτ中ノ最大ナルモノハ此圓ノ半径ニ等シキ故直ニ其値ガ $\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$ トナルコトガ判ル。34圖ハ此種ノ圓ヲ示スモノデ此場合ニハ σ_1 ヲ正トシテσ軸上0ヨリ右ニ測リ又 σ_3 ヲ負トシテ0ヨリ左ニ測ツテ夫々ノ點ヲ定メテアル。

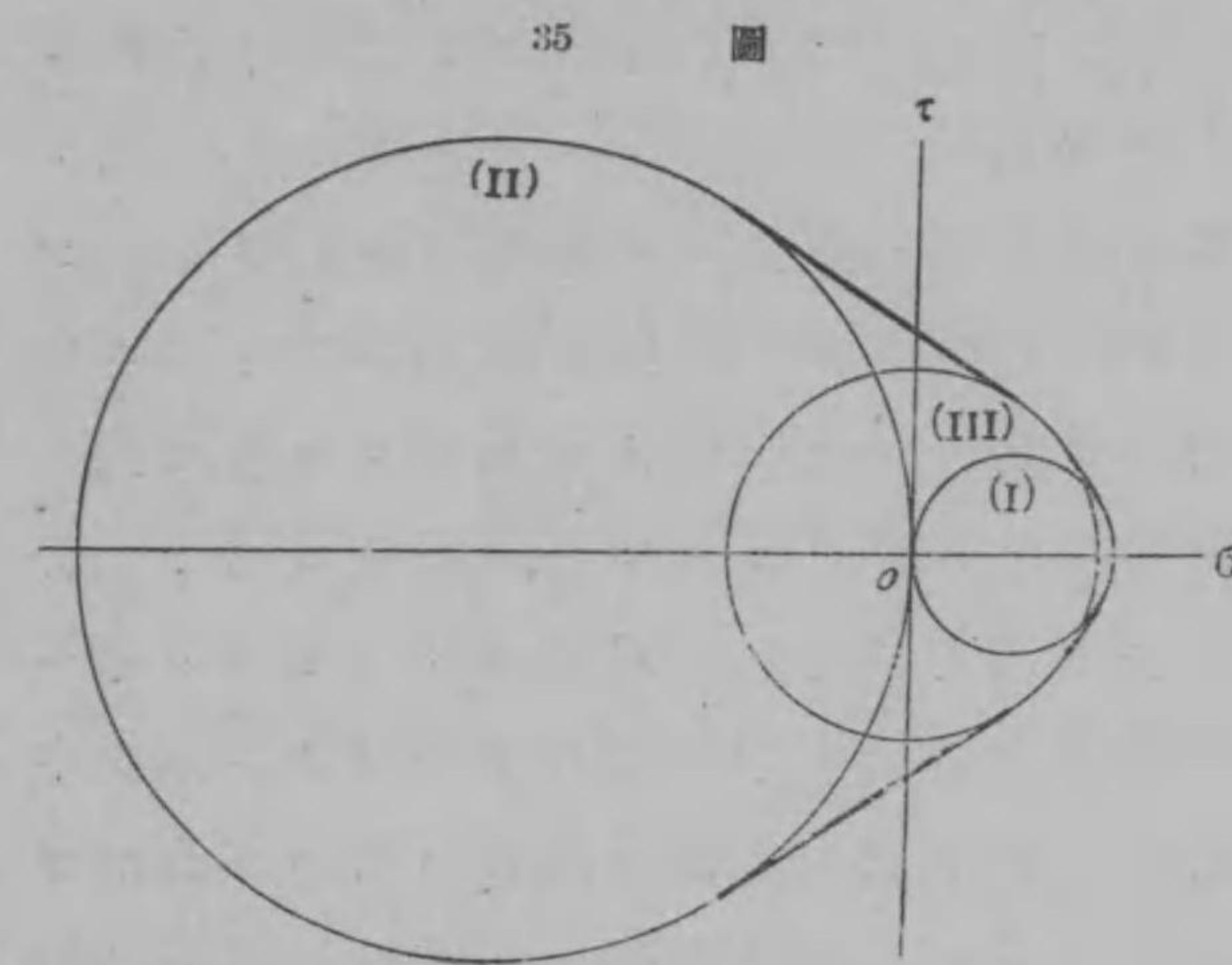
倍 (29)ノ圓周上ノ各點ハ或ルσニ對シテ最大ノτヲ座標トスルモノデアラカ材料ガ將ニ破壊セントスル極限ノ状態ニ於ケル σ_1 及 σ_3 ヲ用キテ上ノ圓ヲ作レバ斯ル圓周上ノ或ル點ガ破面ノσ及τニ相當スル筈デアアル。從テ種々ノ應力状態ニ就テ此種ノ圓ヲ作り之ヲ包ム曲線ヲ引ク事ガ出來レバ之ガ即限界線デアアル。

上ニ種々ノ應力状態ト云フ語ヲ用キタガ最モ普通ニ實驗セラレルノハ次ノ如キ單純ナル應力ノ場合デアアル。

- (I) 牽引 $(\sigma_1 > 0, \sigma_3 = 0.)$ }

- (II) 壓縮 $(\sigma_3 < 0, \sigma_1 = 0.)$ } 中間ノ主要應力 $\sigma_2 = 0.$
 (III) 捩リ $(\sigma_1 = -\sigma_3.)$

之等三種ノ應力ヲ別々ニ加ヘテ材料ヲ破壊シ其結果カラσ, τ線圖上ノ圓ヲ作リテ夫レ夫レ (I), (II), (III)ノ圓ト名付ケヤウ。然ル時ハ之以上實驗的根據ナキ場合ニハ (I), (III)兩圓ヘノ切線



ヲ引キテ限界線ノ一部ト見做シ又 (II), (III)兩圓ヘノ切線ヲ以テ同様ニ限界線ノ一部ト見ルモ大差ナカルベキデアアル (35圖)。今試ニ上ノ三ツノ場合ニ於ケル強サ

ノ比ガ下ノ如クデアアルト假定シヤウ。

- (I) 牽引 1
 (II) 壓縮 3.5
 (III) 捩リ 1

然ル時ハ (I), (III)兩圓ハσ軸上ノ一點デ相切シ從テ切線ハ兩圓ノ切點ニナツテ仕舞フ (36圖83頁)。之ハ破壊ガ單ニ一定ノ垂直應力σ 丈ケデ生ゼラレ剪斷應力τノ方ハ與ラザルコトヲ示スモノデアツテ假説(a)ト一致スル。次ニ (II), (III)兩圓ヘノ切線ハσ軸ニ對シテ或ル傾斜ヲ有スル直線デアアルガ之ハσ及τガ或

ル値ニ達スレバ破壊ノ起ル事ヲ示ス¹⁾

上ノ例ニ示シタ様ナ強サノ割合ハ一例ニ過ギナイノデアツテ材質ニヨリテ種々ノ割合ヲ生ズル譯デハアルガ概シテ鑄鐵ノ牽引ニ對スル強サハ振リニ對スル強サニ比ベテ餘リ大デナイ。若シ普通ノ計算式ヲ用キレバ振リノ方ガ牽引ヨリモ反テ大ナル應力ヲ與ヘル事ガアル。又夫レ計リデナクIII章15節ニ述ベタ式(17)ヲ用キテモ尙類似ノ結果ヲ生ズル事ガアル。尤モ之ハ材料中ニ起ル應力ガ牽引ノ場合ニハ全断面ニ亘リテ殆ンド一様ニ配布サレ²⁾又振リノ場合ニハ断面ノ周圍ヨリ中心ニ向テ次第ニ減少スル如キ差別ガアツテ從テ危儉ナル應力モ全部ニ作用スルカ又ハ周圍丈ケニ働クカニヨツテ破壊シ易イ場合ト破壊シ易カラヌ場合トヲ生ジ得ルノデアアルマイカト考ヘラレル。併シ斯ル憶測ヲナス前ニ考ヘネバナラヌノハ鑄物中ニ存在スル鑄造應力ノ作用デ之ガ一方ノ場合ニ特ニ不利ナラバ壞レ易イノハ道理デアアル。此點ニ關シテハ尙次ノ節ノ實例ヲ參考スル事トシテ茲デハ牽引ノ最大應力ガ振リノ夫レニ比ベテ餘リ大ナラヌノガ鑄物ノ性質デアアル事ヲ念頭ニ置イテ頂キタイ。此結果トシテ(I),(III)兩圓ヘノ切線ハ單ニ兩圓ノ切點即 σ 軸上ノ一點ニ歸スルカ左モナクトモ極短イ直線トナル。

借限界線ヲ上ノ様ニ假定シテ次ニハ σ, τ 點ガ此線ノ τ 軸ヨリ右側ニアル場合ヲ考ヘルニ σ ガ正值ヲ有スル故破面ニハ剪

- 1) 若シ σ ノ値ニ關セズ一定ノ τ テ破壊スルモノナラバ(假説c)直線ハ σ 軸ニ平行テナケレバナラヌ。
- 2) 索引ノ場合ニ應力ノ配布ガ全ク一様アナイノハ鑄造應力ノ潛伏スル外荷重ガ多少中心ヲ外レルタメデアアル。

斷應力ノ外牽引應力ガ働キ一般ニ破壊ガ τ リ且引離サレル事ニヨリテ起ル。又 σ, τ 點ガ軸ノ左側ニアリテ即 σ ガ負値ヲ有スル時ニハ破面ニハ壓縮應力及剪斷應力ガ作用シ即破壊ハ壓縮應力ノ影響ヲ受ケナガラ τ ル事ニヨリテ生ズル。即破壊ヲ大別スレバ開離ト τ リトデアルト言フ事ガ出來ル。

序ニ附加ヘテ置クガ圓(II)ヨリモ更ニ左方即材料ガ周圍カラ壓迫サレル場合ニ於ケル鑄鐵ノ試驗成績ハ出テ居ナイケレドモ齊シク脆イ材料トシテ知ラレテ居ル他ノ物質(例ヘバ大理石、砂岩)ニ對スル實驗ノ結果ニ依レバ¹⁾脆イ材料モ周圍カラ壓シテ破壊ニ至ラシメル時ハ丁度常ニ見ル粘性物質ノ様ニ τ リニヨリテ變形シ且破壊スル事ヲ認メ得ルノデアアル。

28. 破面ノ位置

前節ニ述ベタ様ナ限界線ヲ假定シタ後材料中ニ起ル破面ノ位置ヲ計算ニ依リテ見出シ之ヲ實測ノ結果ト比較スル事ハ破壊ノ假說ヲ確メルタメニ必要デ又興味アル仕事デアアル。借 σ, τ 軸ニ對シテ例ノ様ニ σ_1 及 σ_3 ヲ兩極端トスル圓(29)ヲ描キ此圓周上ニ任意ノ一點P(σ, τ)ヲ取ル(34圖)。此 τ ガ同ジ σ ニ對スル凡テノ τ 中デ最大ナル事ハ已ニ述ベタ如クデアアルガ材料中ノ一點デ斯ル一組ノ σ 及 τ ノ作用スル平面ハ該點ニ於ケル主要應力中ノ最大ナルモノ即 σ_1 及最小ナルモノ即 σ_3 ノ兩方向ヲ含ム平面ト常ニ直角ヲナス事ガ證明セラレル故從テ單ニ σ_1

- 1) Th. v. Kármán, Mitteilungen über Forschungsarbeiten, Heft 118, 1912 又ハ Zeitschrift d. Vereines deutscher Ingenieure, 1911, 1749 頁

又ハ σ_3 ノ方向ニ對スル傾斜角ヲ與ヘレバ位置ガ定マル譯デア
ル。

今34圖ニ於テ P 點ト σ_1 及 σ_3 ノ兩點トヲ結ブ直線ヲ引ク (σ 軸
ガ圓周ヲ切ル點ヲ σ_1 及 σ_3 點ト呼ンデ置ク)。然ル時ハ P σ_1 ガ σ
軸ノ負ノ方向トナス角即 θ ハ平面ト σ_1 トノ間ノ角ニ等シク又
P σ_3 ガ σ 軸ノ正ノ方向トナス角即 $\frac{\varphi}{2}$ ハ平面ト σ_3 トノ間ノ角
ニ等シイノデアアル。¹⁾ 從テ圓周ガ限界線ニ觸レル點 (σ, τ) ヲ與ヘ
テ此點ニ對シ上ノ定理ヲ應用スレバ容易ニ平面ノ位置ガ定マ
ル。

上述シタ事柄ヲ説明スルタメニ著者ノ實驗室ニ於テ行ツタ
試験ノ中次ノ如キ結果ヲ引用シヤウ。²⁾

牽引、壓縮、及振り試験成績

材料 鑄鐵
試験片 削旋シタル丸棒 (直徑約 20 mm)
記號 聯立應力試験片 C

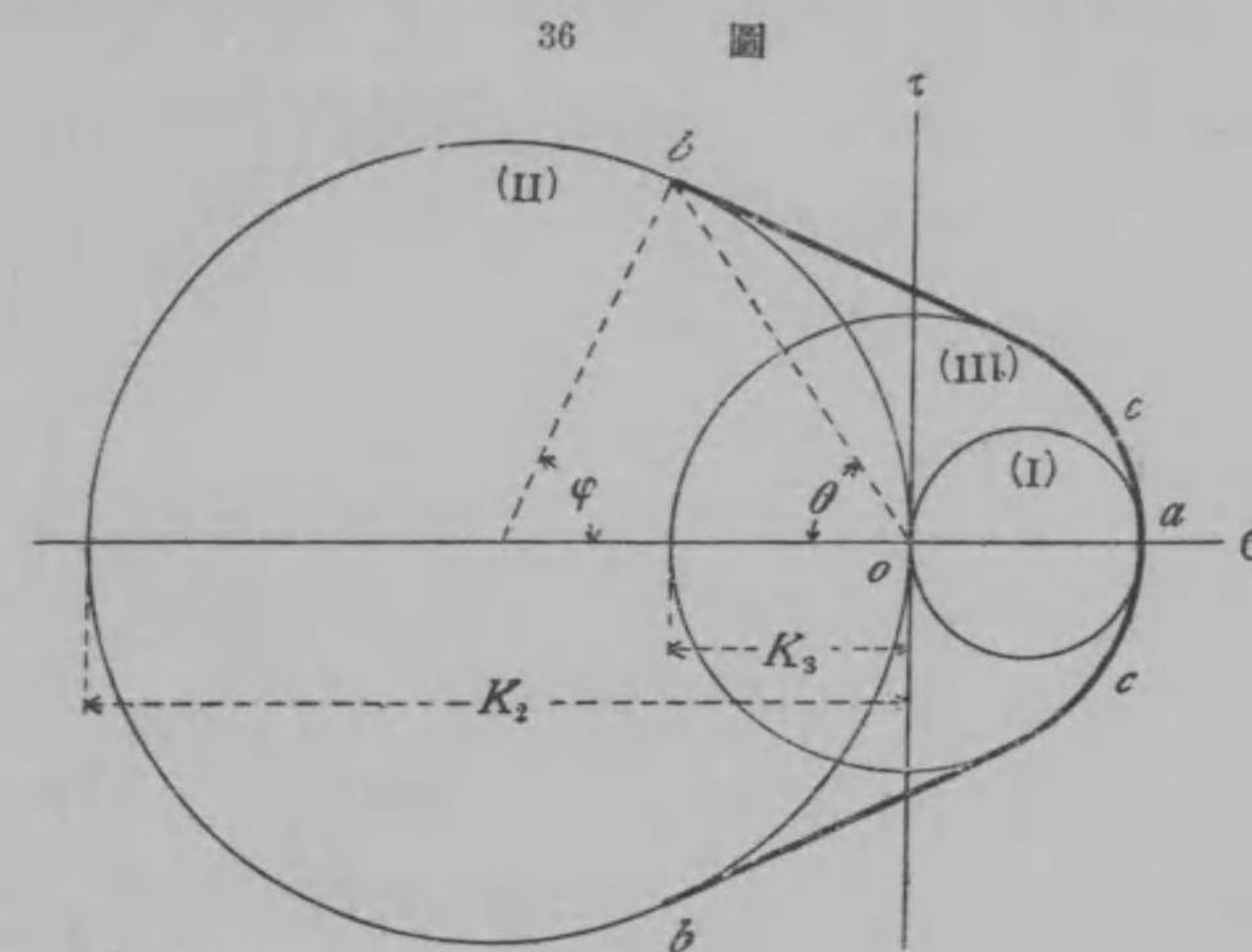
	最大應力 kg/cm^2 (各二本宛ノ平均)	比
牽引	1705	1
壓縮 (試験片ノ長サ約 40 mm)	5910	3.47
振り	1954	1.15

振りノ強サハ前節ノ注意ノ様ニ普通ノ算式ニ依ラズシテ振
レノ角ヲ測リテ III 章ノ (17) 式ヲ用キ之ヲ計算シタノニ拘ハ

1) Mohr ノ創意ニ係ル上ノ σ, τ 線圖ノ一定理トシテ茲ニ之ヲ述ベテ置
ク。同線圖ノ詳細ハ材料力學ニ譲ル。
2) 九州帝國大學工科大学紀要第一册第三號

ラズ尙且牽引ノ強サヨリモ大ナル結果ヲ示シテ居ルガ之ハ牽
引試験片中ニ潜伏シテ居ル鑄造應力ノ影響ガ一原因デア
ル。依テ恐ク牽引及振りノ最大應力ハ共ニ大差ナカル可キモノト
見テ上ノ比ヲ簡單ニ 1:3.5:1 ト置カウ。此結果カラ σ, τ 線圖
ヲ作リテ破面ノ位置ヲ計算スレバ實測ノ結果ト合フデアラウ
カ。

此場合ニ對スル應力ノ線圖トシテ已ニ説明シタ36圖ヲ見ル
ニ限界線ハ (III) ノ圓弧ノ一部ト (II) (III) 兩圓ニ切スル直線トカ



ラ出來テ居ル
acb デアル。
從テ牽引ニヨ
リテ生ズル破
壞ハ之ニ對ス
ル σ_1 點即 a ノ
應力ノタメデ
壓縮ノ破壞ハ
圓(II)ノ限界線
ニ切スル點即

b ノ應力ノタメデアルトシヤウ。最後ニ振りノ破壊ニ對シテ
ハ (III) ノ圓弧ノ何レノ點ガ本當ノ切點デアルカ判明シナイガ
之ハ先ヅ a ヲ發シテ圓弧ニ沿ヒテ進ム時直線部ニ到着スル迄
ノ中央 c ニアル者ト見做ス。之ハ全ク勝手ナ假定デアアルガ
限界線ニ關シテ正確ナル智識ナキ只今ノ場合ニ本假説ガ果シ
テ事實ニ近キヤヲ試ミルタメニ取ルベキ第一歩デアラウ。

勿論曲線 acb ハ限界線トシテ不完全デハアルガ只今ノ材料ニ對シテ暫ク斯様ナ假定ヲナシテ先ヅ牽引ノ場合ノ角ヲ求メルニ之ハ上述シタ方法ニ依リ直ニ破面ガ σ_1 (棒ノ軸ノ方向)ト 90° ヲナス事ガ判リ實際ト無論適合スル(37圖).

次ニ壓縮ノ場合ニ移リテ破面ト σ_3 (棒ノ軸ノ方向)トノ間ノ角ヲ求メルニ

圓 (II) ノ直徑ヲ K_2 トシ

又圓 (III) ノ半徑ヲ K_3 トスレバ

$$\cos \varphi = \frac{K_2 - 2K_3}{K_2}$$

從テ之ヨリ $\frac{\varphi}{2}$ ヲ定メル事ガ出來ル.

而シテ又

$$\theta = 90^\circ - \frac{\varphi}{2}$$

上ノ例デハ

$$K_2/K_3 = 3.5 \text{ ナル 故}$$

$$\cos \varphi = \frac{3.5 - 2}{3.5} = 0.429$$

故ニ

$$\varphi = 64^\circ 40', \quad \frac{\varphi}{2} = 32^\circ 20'$$

$$\theta = 57^\circ 40'$$

實測ノ結果ハ θ ガ約 55° 位ガ平均ニ近イ様デアアルガ上ノ計算ハ殆ンド之ニ近似シテ居ル(38圖). 實際ノ限界線ハ無論直線デナクシテ σ 軸ニ向テ凹形ヲナス曲線デアラウ. 左スレバ φ ガ多少大トナリテ θ ガ小トナル事モ想像セラレル.

終ニ振りノ場合ニ於テハ破壊ヲ起ス σ_c 點ヲ前ノ如ク c ト假定シ此點ト原點 0 トヲ結ビテ上ノ φ ニ相當スル角ヲ求メ之ヲ φ' トスレバ

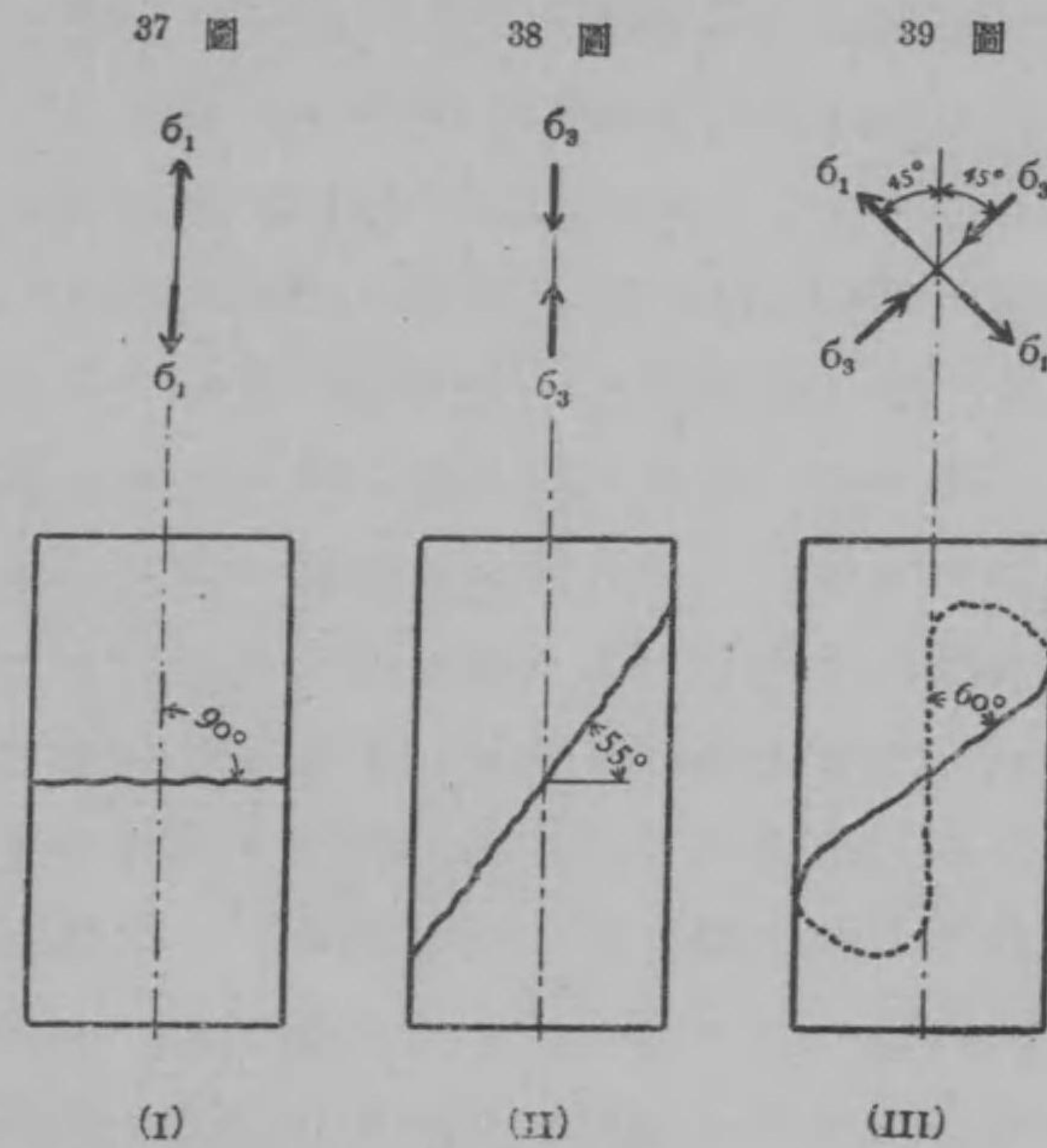
$$\begin{aligned} \varphi' &= \frac{\varphi}{2} \\ &= 32^\circ 20' \end{aligned}$$

即 $\frac{\varphi'}{2} = 16^\circ 10'$

從テ θ ニ相當スル角 θ' ハ

$$\theta' = 73^\circ 50'$$

此材料ノ破面中螺旋狀ノ部分ハ棒ノ軸ニ對シテ 60° ノ傾斜ヲ



ナシテ居ル(39圖).

然ルニ σ_1 及 σ_3 ハ軸ニ對シテ 45° ノ傾ヲナス故 σ_3 ト破面トノ角ハ 15° トナル譯デ之モ上ノ計算ガ略事實ニ近イ數ヲ與ヘル事ヲ證明スルモノデアアル.

要スルニ限界線並ニ此線上ノ點ニ關スル上ノ假定ヲ破面ノ位置ノ計算

及實測ノ結果カラ批評シテ唯今ノ例デハ殆ンド事實ニ近イモノデアアルト言フ結論ヲ導クコトガ出來ルト考ヘル.

VII. 機械製作ト鑄物

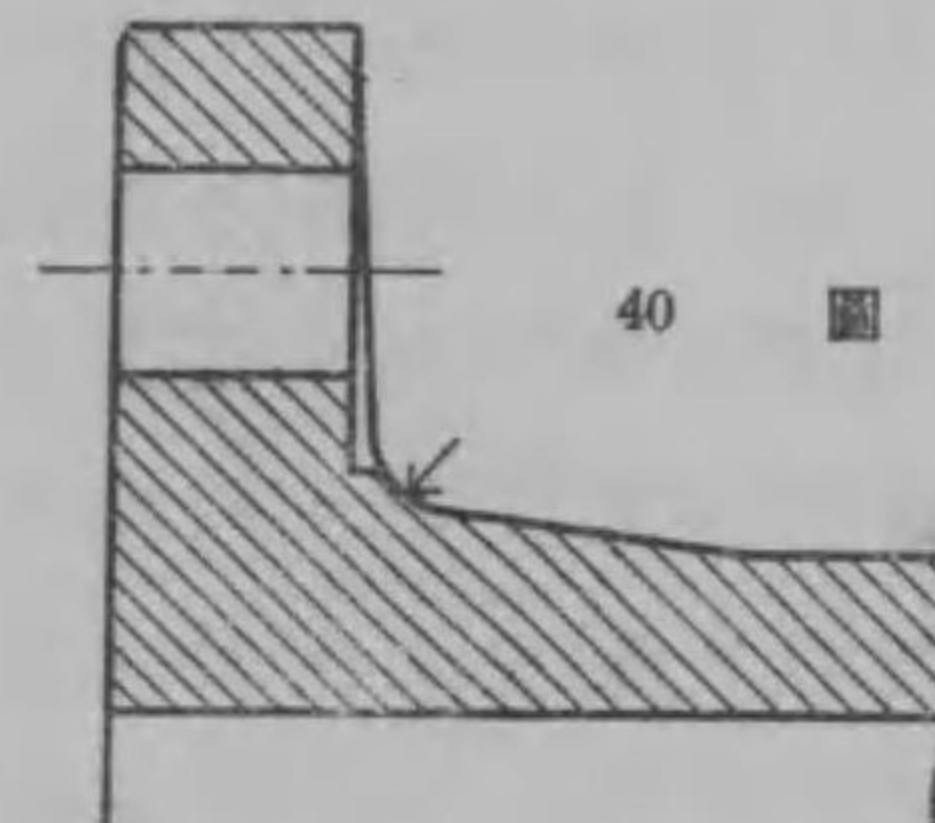
29. 製圖上ノ注意

以上述べた様ニ鑄物ヲ顯微鏡的ニ又ハ化學的ニ分析シ加熱シ又ハ冷却シ或ハ牽キ壓シ曲ケ又ハ振ルナド種々ノ方法ヲ用キテ主ニ鑄物ノ強サト云フ問題ヲ直接又ハ間接ニ研究シテ來タノデアアルガ之ハ機械ノ設計及製作ニ必要ナル基礎デアアル。今本篇ヲ結ブニ當リテ主ニ強サノ立場カラ見テ鑄物ヲ機械ノ部分ニ應用シヤウトスル場合ノ注意二三ヲ附加ヘテ置キタイト思フ。而シテ本節ニ述べヤウトスル第一ノ點ハ設計及製圖ノ初步ニ於テ直ニ必要トナル事柄デ即肉ノ厚サニ就テデアアル。

一ツノ機械ヲ製作スル際ニ屢々遭遇スル困難ハ鑄物ノ失敗デアアル。之ガタメニ日限ガ延ビ費用ノ嵩ム例ハ稀デナイ。借失敗ト云フ中ニハ種々ノ區別ガアツテ例ヘバ龜裂ノタメニ最初カラ全然用ヲナサヌ場合モアレバ又ハ機械場ニ移シテカラ仕上ケニ掛ルト巢ガ顯レテ來ル場合モアル。其他收縮ガ豫定通りニ行カヌタメニ出來タ鑄物ノ形ガ寸法ニ合ハヌ場合、水壓試験ニ於テ漏リヲ發見スル場合等色々ノ敗因ガアル。之等ニ對シテハ素ヨリ鑄造上注意スベキ點モ多々アル事ト思ハレルガ又一方カラ言ヘバ機械ヲ設計スル際ニ成ル可ク容易ニ健全ナ製品ノ出來ルヤウ注意スベキ筈デアツテ即設計者及現場ノ技術者ガ互ニ相提携シテ其技ヲ向上サセネバナラス。

借一般ニ不健全ナ鑄物ヲ避ケ様トスレバ鑄物ノ肉ガ成ル可ク各部均一デナクレバナラス。之ハ機械設計ノ最初カラ心懸

ケルベキ事デ而モ常ニ其重要ナル意義ヲ失ハヌ要件デアアル。肉ニ著シキ厚薄ガアレバ他ノ條件同一ナル以上厚イ部分ノ冷却ガ遅レル故最後ニ凝固スル部分ニ巢ヲ作りタガル。故ニ或ル部分ヲ丈夫ニスルタメト稱シテ特ニ其部分丈ケヲ厚ク設計スルノハ望マシクナイ。併シ機械ノ部分ヲ何處モ一様ノ厚サニスル事モ出來ナイ事柄デアアルカラ變化ヲ成ル可ク緩ニシタイノデ最モ簡單ナ例ハ40圖ニ示ス如キ汽筒又ハ汽管ノフランジ接手デアアル。之ハ最初組立ニ際シテ充分締メ付ケタ後ニ荷重ヲ受ケル品物デアアルカラ彎曲ニ對シテ丈夫ナルタメニ筒壁ヨリハ厚イ肉ヲ必要トスルノデアアルガ之ヲ餘リ厚クスレバ前ニ述べた様ナ故障ガアル。夫レ故フランジノ厚サヲ適度ニ保ツト同時ニ其筒壁ニ連續スル部分ノ厚サヲ急變セズシテ圖ノ



40 圖

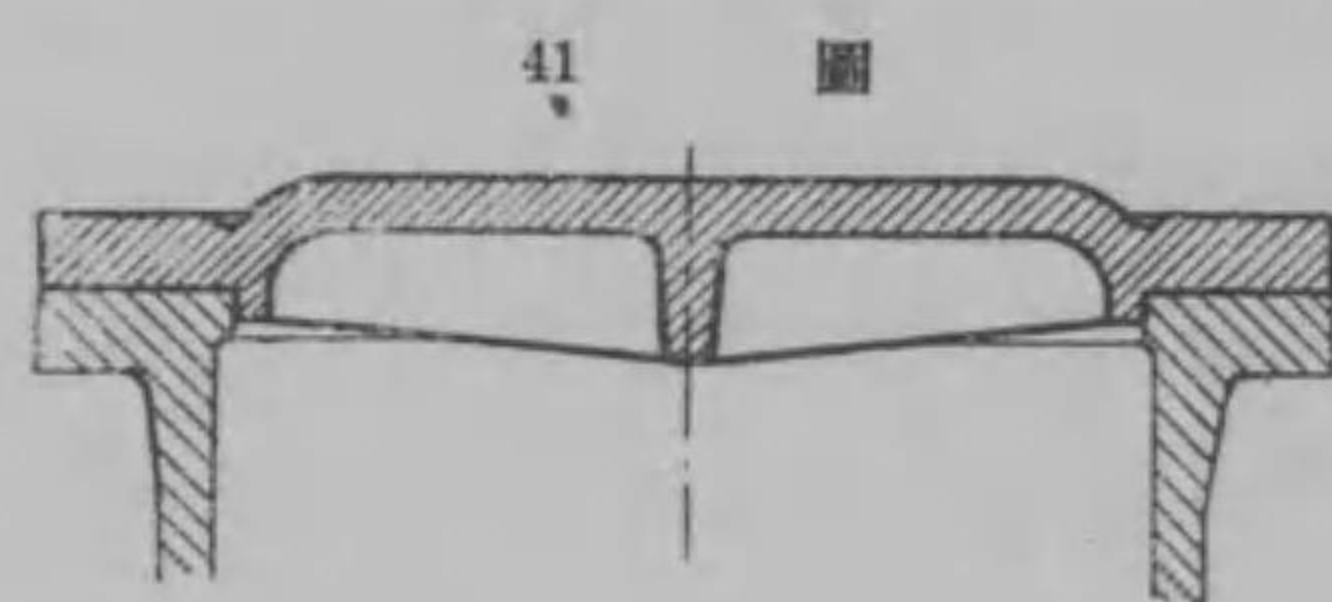
如ク除々ニ薄キヨリ厚キニ移ラシメルノガ宜シイノデアアル。尙序ニ附言シテ置クガ斯ル屈曲部ハ大ナル半徑デ丸味ヲ付ケルノガ除計ノ應力ヲ減ジ從テ製品ノ強サヲ増スト言フ點カラ必要ナ注意デアアル。之ハ簡單ナ一

例ニ過ギナイケレドモ一般ニ肉ノ厚サハ成ル可ク均一ニ近クシ厚薄異リタル肉ヲ必要トスル場合ニモ其變化ノ急激ナラヌ様設計シタイモノデアアル。

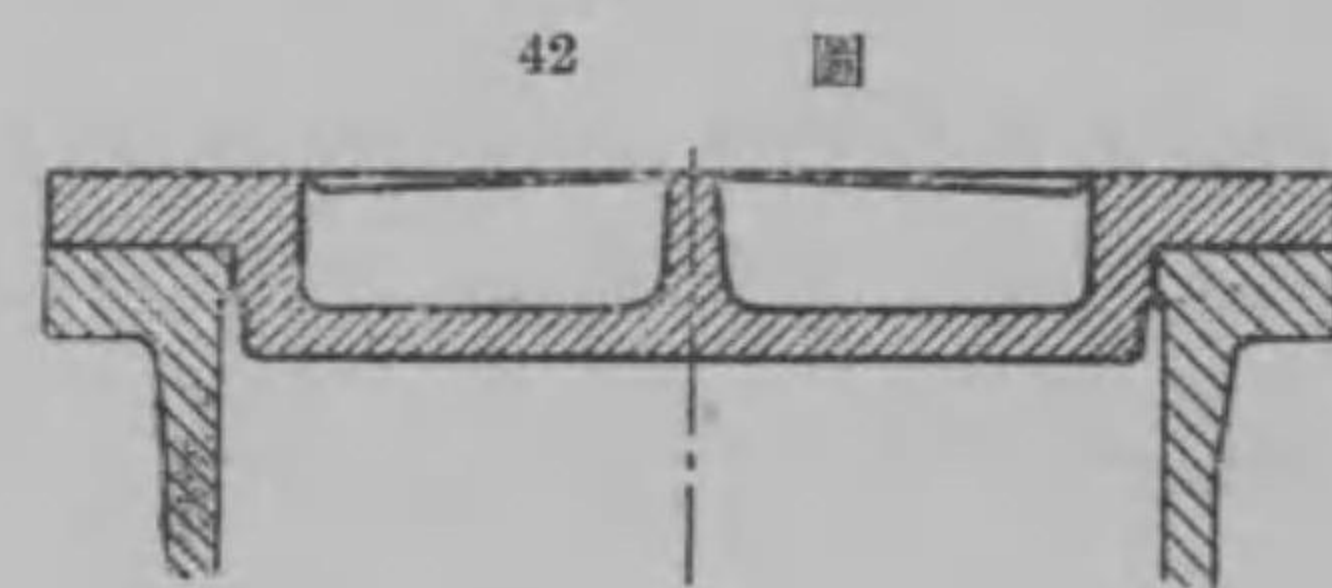
次ニ注意スベキ點ハ力骨¹⁾ノ配置デアアル。例ヘバ壓力ヲ受ケ

1) Ribs

ル板ヲ保持スル目的デ力骨ヲ配置シテ強サヲ増ス事ハ設計上常ニ取ル方法デアル。此場合ニハ壓力ノタメニ板ガ彎曲ヲ生ジテ如何ニ破壞セラレル可キカラ考ヘテ成ル可ク之ニ對スル抵抗ヲ増ス様ニ工夫セネバナラヌノハ勿論デアルガ矢張り前項ノ注意ヲ守リテ力骨ノ肉ガ板ニ比ベテ薄過ギタリ又ハ厚キニ失セヌ様設計スルハ勿論必要デアル。此外鑄物ノ力骨ニ就テ特ニ注意スベキ點ハ彎曲ニ依リテ生ズル正負ノ兩應力中壓縮應力ガ牽引應力ヨリモ大トナル方ガ反對ノ場合ヨリモ利トスル事柄デアル。何トナレバ鑄物ノ壓縮ノ強サハ牽引ノ強サ



ノ三四倍ニ當ル事已ニ前ノ例ニ述べタ如クデアルカラ單ニ強サノミカラ言ヘバ同ジ安全ノ程度デ牽引ノ應力ニ三四倍スル壓縮應力ヲ許シ得ル故ナノデアル。例ヘバ41及42ノ兩圖ニ示ス様ナ蓋ノ場合ニ於テハ内壓ノタメニ蓋ハ彎曲ヲ受ケテ其外面ニ最大ノ



牽引應力ヲ生ジ又内面ニ最大ノ壓縮應力ヲ起ス。此時專ラ壓縮ヲ受ケシメル様ニ内部ニ力骨ヲ配置スル事41圖ノ如クナラバ截断面ノ重心ハ上方ニ偏スル故之ヨリ遠キ内面ノ壓縮應力ハ重心ニ近イ外面ノ牽引應力ヨリモ大デアル。之ニ反シテ42圖ノヤウニ主ニ牽引應力ニ堪エシメル様ニ力骨ヲ外部ニ設ケレバ重心ヨリ

比較的遠イ外面ノ牽引應力ハ内面ノ壓縮應力ヨリモ大トナル。即41圖ノ配置ガ42圖ヨリモ優レテ居ル事ガ判ル。要スルニ多クノ場合ニ力骨ハ鑄物ニ附物デアルト言ツテ宜イガ其配置ニハ相當ノ考慮ヲ要スル譯デアル。

30. 破損ノ實例

鑄物ノ研究モ素ヨリ組織的ニ行フコトガ必要デアツテ即實驗室ニ於ケル小規模ノ部分的試験ノ結果ヲ綜合シテ實物ノ設計及製作ノ參考ニスルノガ望マシイノデアルガ又一面ニ於テハ製品ノ成績ヲ注意シ若シ破損ヲ起ス事ガアレバ其狀況ヲ考ヘテ設計及製作ノ改良ヲ圖ラネバナラヌ。

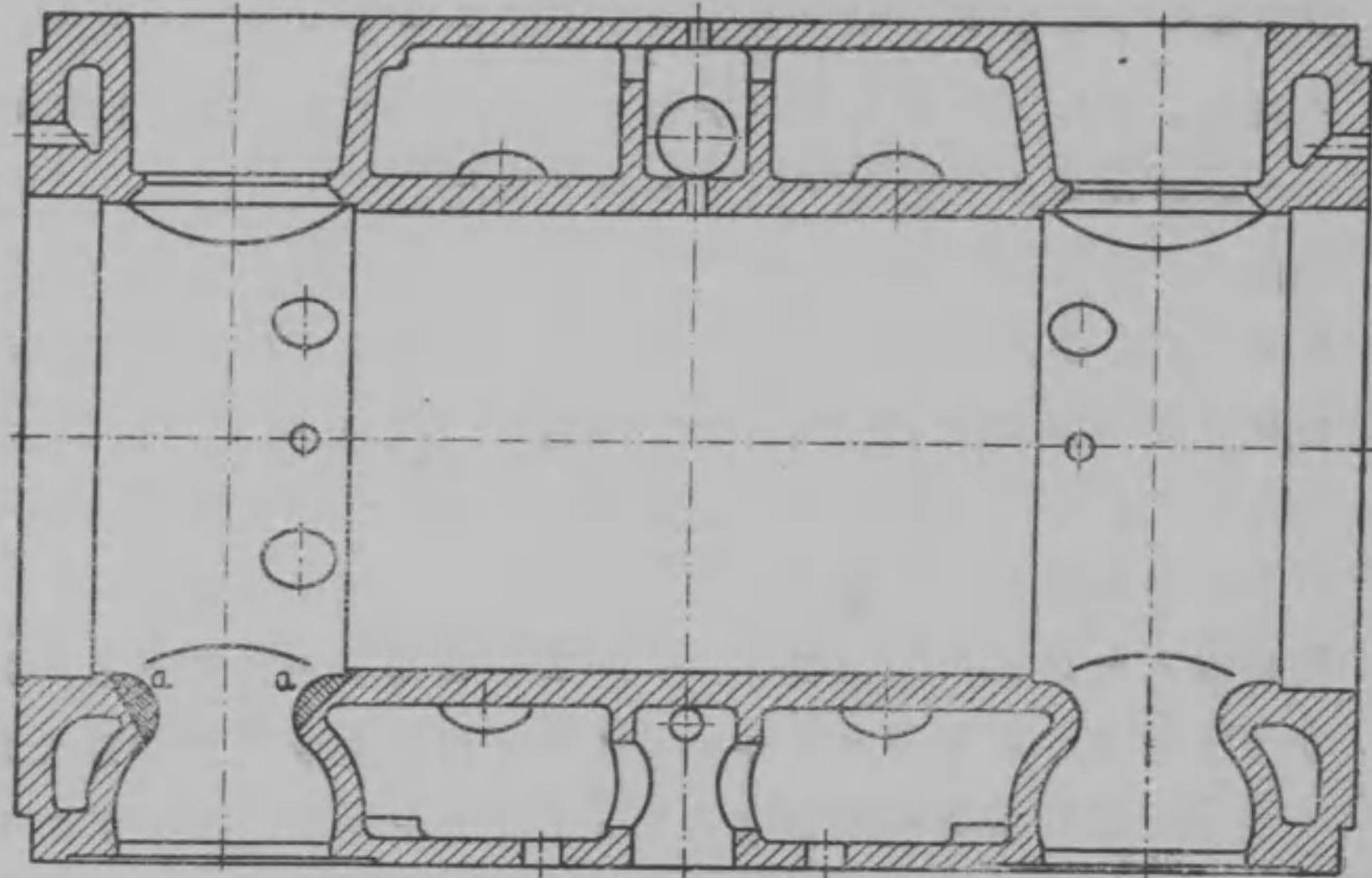
鑄物ガ破損スル原因ハ種々アルガ其一例ハ衝擊及振動ノ作用デアル。例ヘバ蒸汽機關ノ汽筒内ニ蒸溜水ノ溜ツタ爲メニ衝擊作用デ筒蓋又ハボストンヲ破壞スル事ハ決シテ珍シクナイ。斯ル場合ニ其破面ノ位置氣泡ノ有無肉ノ厚薄等ヲ觀察スルノハ頗ル有用デアル。

斯様ニ取扱上ノ不注意ノタメニ起ル衝擊ハ飽ク迄モ之ヲ防止セネバナラヌクレドモ時ニハ機械ノ性質上全ク衝擊及振動ヲ止メル事ノ出來ナイ場合ガアル。此時ニハ成ル可ク其影響ノ輕イ様ニ設計シ又良質ノ材料ヲ用キタイノデアル。併シ大ナル衝擊及振動ノ發生スベキ場所ニハ最初カラ銑鐵鑄物ヲ用キヌ方ガ宜シイ。例ヘバ高壓ノ水力發電所ニ於ケル導水管ノ一部ニ用キタ鑄物ノ辨及異形管ノ類ガ或ル原因ニヨリテ生ズル水ノ振動ノタメニ破裂ヲ起シ之ガタメニ不慮ノ災害ヲ生ジ

タ様ナ例證ハ設計者ノ注意スベキ所デアル。

次ニ鑄造應力ニヨリテ生ズル破損ニ至リテハ其例多々アルデアラウ。甚シキハ最初カラ龜裂ヲ生ジテ用ヲナサヌ場合モ少クナイガ製品ノ使用中荷重及熱ノタメニ生ズル應力ト共ニ破損ノ原因トナル場合モ隨分アル。近來大型ノ内燃機關ノ發達ト共ニ其氣筒、ピストン等ノ鑄造ニ少カラヌ困難ヲ生ジ其結果トシテ種々ノ進歩ガ顯ハレタノデアル。43圖¹⁾ハ二重ノ筒壁

43 圖

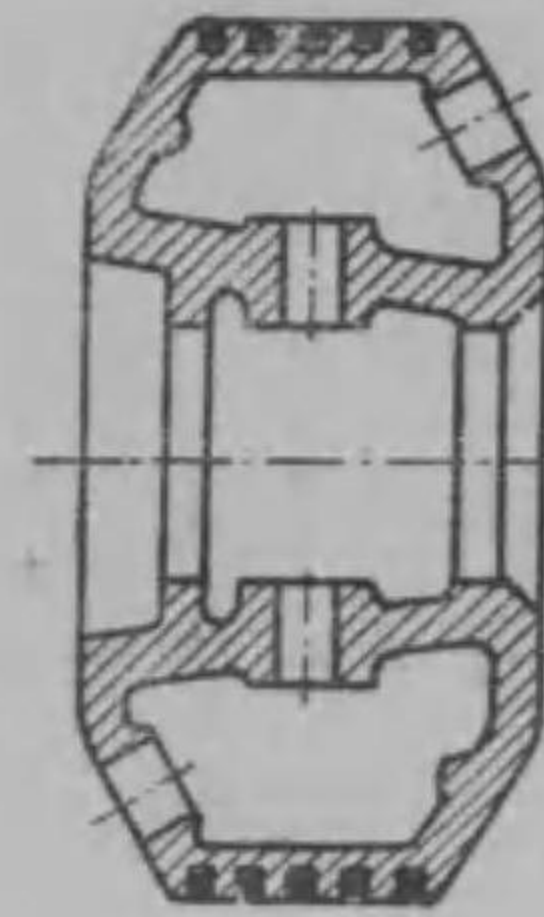


ヲ有スル此種氣筒ノ縱斷圖デアツテ即内部ニ起ル瓦斯ノ燃燒ニ伴ヒ高熱ノ發生ヲ見ルノデアルカラ筒壁ヲ冷却スルタメニ内外兩壁ノ間ニ絶エズ水ヲ循環サセル様ニナツテ居ル。然ル

1) 圖中aaハ破損ノ實例ヲ示ス

ニ之等兩壁ハ其兩端並ニ瓦斯ノ吸入穴及排出穴等ノ爲ニ互ニ結束シテ一體トナツテ居ルカラ鑄造ノ際冷却ノ遲速ニ伴ヒテ鑄造應力ヲ生ズルノデアル。又44圖ハ内部ヲ水デ冷却スル様

44 圖



ニナツテ居ル此種機關ノピストンデアルガ之モ内外兩壁ガ冷却ノ遲速ノタメニ互ニ鑄造應力ヲ及ボシ合フノデアル。從テ之等ノ製品ヲ使用スル際ニ荷重ノ負擔ハ左程大デナクトモ龜裂ガ生ジ易イ。斯ル鑄造應力ノ發生ヲ輕減スルニハ湯ヲ極メテ迅速ニ注ギ終ル事ガ必要デアラウ。或ル書物ニハ11乃至12噸位ノ氣筒ノ型ニ湯ヲ注ギ終ル時間ガ30-35秒位デアル

ト書イテアルガ之ハ成ル可ク各部ノ溫度ノ均一ヲ圖ルタメデアル。¹⁾併シ特ニ設計上カラ鑄造應力ヲ除ク様ニ工夫シタモノモアツテ即エヤーハルトセーマ²⁾社ノ様ニ一個ノ氣筒ヲ數個ノ部分カラ組立テテ作レバ此害ハ除去セラレル譯デアル。

尙内燃機關ノ鑄物ニ於テハ運轉中各部ノ溫度ガ均一ヲ失フ故之ガタメニモ劇シイ應力ガ發生シテ破損ノ原因トナリ易イ。單ニ熱應力ノ點ヨリ言ヘバ肉ノ薄イ鑄物ノ方ガ都合ガ宜イ事ハ丁度食卓ノ硝子コツフヤ化學實驗室ノ瓶ノ薄イ者ガ比較的熱イ湯ヲ入レルニ適スルノデモ判ル。併シ之ト同時ニ其他ノ條件ヲ考ヘテ適當ナ厚サヲ定メルノガ設計上必要デアル。³⁾尙

1) Dubbel : Grossgasmaschinen, 1910.

2) Ehrhardt u. Sehmer.

3) *トヘバ機械學會誌第二十一卷第五十二號ニ掲載セル著者論文參照

熱應力ニ關シテ言ヘバ一部温度ノ急激ナ變化ヲ避ケルノガ取扱上必要デアツテ前ノ例ノ熱湯ヲ入レタ計リノコップニ直グ冷水ヲ注グバ破壊ヲ生ジ易イ様ニ高温度ヲ受ケテ居ル鑄物ノ一部ヲ急ニ冷ス如キハ甚ダ危険デアル。之ハ單ニ取扱上ノ注意ニ止マラズシテ設計及製作上カラ見ルモ温度ノ急變ヲ起ス原因トナルベキ點ニハ充分ノ注意ヲ拂ハネバナラス。

其他破損ノ實例ヲ考察シテ學ブ可キ處ハ種々アラウ。即破損ノ原因ヲ研究シテ得タトコロヨリ設計及製作上ノ改善ヲ圖ルノハ技術者ニ取リテ頗ル興味ニ富ミ且甚ダ有益ナル仕事デアル。

31. 成分ノ調整

炭素ガ銑鐵鑄物中ノ主要ナル元素ナル事併ニ炭素ニ次デ重要ナル含有物ガ硅素ナル事等ハ前ニ述ベタ如クデアアルガ愈々機械ヲ製作スル段ニナルト炭素以下ノ諸元素ヲ如何ナル割合ニ配合ス可キカノ問題ニ逢着スルノデアアル。素ヨリ成分ハ製品ノ大サ及其用途等ニヨリテ變ゼラレルベキモノデアアルカラ茲ニハ撰擇ノ大要ヲ述ベルニ止メタイト思フ。

之ガタメニ先ヅ實例トシテバツハ教授ノ試験シタ汽管汽笛用鑄鐵ノ成分ヲ引用シヤウ。之ハ五種類ノ試験材料ニ就テ行ツタ實驗ノ結果ヲ試ニ平均シタモノデアツテ即次表ノ如クデアアル。表ニ記載サレタ強弱試験ノ結果カラ判ル様ニ相應ニ強イ材料ト見テ宜シイ。

先ヅ炭素ハ全量 3.20% デ其中ノ 0.91% ガ化合炭素デアアル。

汽管汽笛用鑄鐵試驗成績

分析ノ結果ハ五種ノ平均

炭素 %	全量	3.20
	黑鉛	2.29
	化合	0.91
硅素 %		1.47
磷 %		0.66
燐		0.35
硫黃		0.11
銅		0.07
砒素		痕跡
牽引ノ強サ(K') kg/cm ²		2001 - 2801
彎曲ノ強サ(K _b) "		3678 - 4855
直徑30mm 支點間距離600mm		
撓ミ mm		9.1 - 12.6
同上試験片ノ中點		
K _b /K'		1.50 - 1.84

化合炭素ニ就テハ前ニ述ベタ様ニ此量以下ノ方ガ宜シイ様デアアルガ先ヅ大體ニ於テ此分析ノ結果ハ適切ナル炭素量ニ近イ。

次ニ硅素ガ黑鉛ノ發生ヲ助長スル功用ハ已ニ述ベタ通りデアアルガ尙炭素ニ對スル影響ヲ一言シヤウ。硅素ヲ含マヌ純粹ノ炭素鐵合金ノ共晶温度ハ 1130°C デ

又其共晶中ノ炭素量ハ 4.3% ナルモ硅素ノ加ハルニ從ヒ共晶温度ガ少シ増シ炭素量ガ次第ニ減少スルノデアツテ其割合ハ普通鑄物ニ存在スル硅素量ノ範圍ニ於テハ硅素 1% ニ付炭素 0.3% 宛ヲ排除スルモノト見テ大差ガナイ。¹⁾ 故ニ硅素ヲ含ム銑鐵ハ $C + 0.3Si = 4.3$ ナル時共晶的トナル筈デアアル。併シ普通ノ鑄物ニ於テハ $C + 0.3Si < 4.3$ デ共晶點ヨリモ可ナリ下方ニアル。

上ノ例デハ硅素ガ 1.47% ニナツテ居ルガ之ハ參考ニシテ宜シイ數デアアル。一般ニ何程ヲ以テ可トスルカハ簡單ナル理屈デ定メ兼ル問題デアツテ要ハ望ム様ナ黑鉛ノ量ト形トヲ得ルタメニ適當ナ硅素量ヲ與ヘルニアルクレドモ同ジ程度ノ黑鉛ヲ

1) F. Wüst u Petersen, Metallurgie, 1905, 811 頁

得ルタメニ必要ナル硅素量ハ鑄物ノ大サニヨリテモ無論不同ヲ生ズルノデ即大ナル鑄物ニハ比較的小量ノ硅素ヲ以テ足ル譯デアル。石川造機中監ハ黒鉛ガ細カイ一面ノ唐草模様トナリ即同氏ノ所謂菊目均等組織ヲ呈ズルタメニ必要ナル炭素及硅素ノ量ヲ研究サレテ其ノ結果ヲ機械學會誌上ニ發表サレテ居ル。¹⁾

磷モ鑄物ノ成分ヲ定メルニ際シテ等閑ニ附シ難イ元素デアル。之ハ湯ノ流レヲ良クシ收縮率ヲ減ズル故鑄造作業ニハ都合ノ宜シイ物質デアツテ強サヲ主眼トシナイ小形ノ鑄物類ニハ比較的多量ヲ用キル。併シ之ハ鑄物ヲ脆クスル恐ガアルカラ衝撃及振動ノ作用スル如キ肝要ナル場所ニハ成ル可ク減少スルヲ可トサレテ居ル。尙又鑄型ノ如ク屢々高熱ニ曝サレル部分ニモ出來ル丈ケ之ヲ少量トス可キ者デアルト見做サレテ居ル。

硫黄ハ銑鐵中ニアリテ硅素ニ反對スル作用ヲナシ即黒鉛ノ發生ヲ妨ゲル。從テ收縮率及硬度ヲ高メル等化合炭素ノ増加ニ伴フ諸影響ガアル。殊ニ少量ト雖作用ガ著シイカラ製品ノ種類ニヨリテ其量ノ多カラヌ様適當ニ制限ヲナシ即多クノ場合ニ凡 0.1 乃至 0.12% 以下ニ保タネバナラヌ。

尙滿俺ニ關シテハ普通ノ鐵銑中ニ含マレル其量ヲ以テシテハ強サニ對シテ特ニ論ズ可キ程著シイ影響ガナイモノトシテ茲ニ省略シヤウ。併シ特ニ硫黄ノ害ノ夥シイ場合ニ滿俺ヲ加ヘテ之ヲ緩和スル如キハ鑄造家ノ時トシテ遭遇スル問題デア

1) 大正八年六月發行第二十二卷第五十七號

ル。

最後ニ成分ニ就テ附加ヘテ置キタイト思フノハ鑄物ノ強サガ前ニモ述べタ様ニ場面ノ材質ト其中ニ含マレル黒鉛層ノ形及量ニヨリテ定マルモノデアルカラ單ニ黒鉛ノ方ガ適當デアル計リデナシニ場面ノ材料ガ成ル可ク粘リニ富ムデ硬過ギナイ者デナクレバナラヌ事デアル。此點カラ見テモ場面ノ材質ヲ悪クスル磷、硫黄等ノ不純物ハ成ル可ク之ヲ排除セネバナラヌト云フ譯ニナルノデアツテ唯其程度如何ハ鑄物ノ用途ニヨリテ一定セヌノデアル。

索引

A		頁		頁
<i>A_r, A_c</i> , 又ハ單ニ <i>A</i> (變態溫度)		2, 59	Duriron	29
α 鐵		2	断面收縮	48
Austenite		4	彈性	13
壓縮		14	——係數 (Modulus of elasticity <i>E</i>)	21
——ノ強サ		20, 82	E	
B			<i>E</i> (彈性係數)	21
Bachノ實驗式, 彎曲ノ強サニ			<i>e</i> (断面中ニ於ケル中立軸ヨリノ	
關スル		37	最長距離)	31
β 鐵		2	ϵ (伸ビ)	15
膨脹, 變態溫度ニ於ケル		59	Eutectic (共晶)	5
——, 凝固並ニ冷却中ニ於ケル		60, 62	Eutectoid (擬共晶)	6
C			F	
Cementite		4, 48	<i>f</i> (截断面)	14
Charpy 式振子衝擊試験機		25	Ferrite	2
力骨 (Ribs)		87	——ノ強サ	48
チルドロール		11, 24, 70	フランジ接手	87
中立軸又ハ中立線 (Neutral axis			G	
or Neutral line)		31, 33, 35	γ (ニリ)	38
鑄造應力ノ發生		66	γ 固溶體	4
——ノ實驗		71	γ 鐵	2
——ノ影響		73, 89	瓦斯機關 氣筒 用鑄鐵	19
D			——ノ破損	90
δ 鐵		2	——ピストンノ破損	91
			限界線, σ, τ 線圖ノ	76
			擬共晶 (Eutectoid)	6

— 以上ノ鋼 (Hyper-eutectoid steel) 11, 23, 48
 — 以下ノ鋼 (Hypo-eutectoid steel) 7, 12, 48, 55

H

鋼 (擬共晶以上及以下ノ鋼ヲ見ヨ) 7, 48
 —ノ強サ 48, 51
 —ノ膨脹及收縮 59
 白銑 7
 —ノ膨脹及收縮 61, 62
 破壊 延伸 48
 —ノ法則 17, 75
 —ノ顯微鏡的觀察 55
 —試験ノ成績 19, 20, 42, 82, 92
 破面ノ位置 81
 變態 2
 —溫度 3
 變形 44, 56

I

I (中立軸ニ對スル断面ノ慣性能率) 31
 硫黃 1, 9, 94
 —印畫法 9

J

磁氣分析 3
 狀態圖 3

K

K' (牽引ノ強サ) 37
 K_s (彎曲ノ強サ) 37
 化合炭素 25, 57, 93
 硬サ 13, 22
 硅素 1, 7, 61, 93
 顯微鏡寫真 10, 55
 牽引 14
 —ノ強サ 19, 37, 42, 48, 50, 82, 92
 結晶粒子 44
 —間及—内ノ移動 44
 機械部分ノ肉 86
 降伏點 (Yielding point) 49
 黒鉛 6
 —層ノ影響 53
 高溫度ニ於ケル強サ 27
 繰返應力 14, 27

L

Ledeburite 5

M

M_b (彎曲モーメント) 31
 M_t (捩りモーメント) 38
 Martens 式鏡装置 14
 滿俺 1, 61, 94

N

捩り 13, 38
 —モーメント (M_t) 38

—ノ強サ 42, 82
 熱分析 3
 伸ビ (Linear strain 又ハ單ニ Strain ϵ) 15
 —ト應力トノ關係 16, 21

O

應力 (Stress) 14, 31, 38, 52, 66
 —ト伸ビトノ關係 16, 21

P

P (荷重) 14, 52
 Pearlite 又ハ Perlite 6

R

磷 1, 8, 61, 93
 履歴現象 63

S

σ (垂直應力) 14, 31, 52
 Semi-steel 58
 生長 (Growth) 28
 垂直應力 (Normal stress σ) 13, 14, 31, 52

剪斷應力 (Shearing stress τ) 13, 38, 41
 銑鐵 7, 47
 鼠銑 7
 —ノ膨脹及收縮 61, 63, 64

衝擊 14, 25, 89
 收縮 59
 組織 (炭素鐵) 1
 —ト硬サ 22
 ㄷリ (Shearing strain γ) 38
 線圖, 應力及伸ビノ關係ヲ示ス 16
 —, σ, τ 76
 成分 1, 92

T

τ (剪斷應力) 38, 41
 耐酸性 29
 炭素 1, 56, 93
 —鐵合金 1
 炭化鐵 4
 強サ, 牽引 19, 37, 42, 48, 50, 82, 92
 —, 壓縮 20, 82
 —, 彎曲 36, 42
 —, 捩り 42, 82
 —, 衝擊ニ對スル 25
 —, 繰返應力ニ對スル 27
 —, 高溫度ニ於ケル 27

W

彎曲 13, 31
 —ノ強サ 36, 42
 —ノモーメント (M_b) 31

大正九年三月十七日印刷
大正九年三月二十日發行

鑄物ノ強サ及一般性質

正價金貳圓八拾錢
郵稅內 地金拾八錢
滿鮮臺 押金四拾五錢

著作 小野 鑑正

發行者 丸善株式會社

東京市日本橋區通三丁目十四、十五番地

右代表者

取締役

山崎 信興

印刷者 大久保 秀次郎

東京府北豐島郡栗鳴町三丁目十番地

印刷所 東京築地活版製造所

東京市京橋區築地二丁目十七番地



發行所

東京市日本橋區通三丁目
大阪市東區博勞町四丁目
京都府三條通大坂屋町西
福岡市博多區上西町
仙臺市金口座仙臺第一番

丸善株式會社
丸善株式會社
丸善株式會社
丸善株式會社
丸善株式會社

大阪支店
京都支店
福岡支店
仙臺支店

製鐵師 向井哲吉氏著

工業用鐵鋼材

目次概要 鐵鋼の類別：鐵の特性：鐵鋼の製造：鑄鐵の製造：坩堝製鐵：平爐製鐵：電氣製鐵：第一編 鐵鋼の性質：第二編 鐵鋼の機械的性質：第三編 鐵鋼の物理的性質：第四編 鐵鋼の化學的性質：第五編 鐵鋼の熱處理：第六編 鐵鋼の腐蝕及防蝕：第七編 鐵鋼の接合：第八編 鐵鋼の検査：第九編 鐵鋼の用途：第十編 鐵鋼の製造設備：第十一編 鐵鋼の製造技術：第十二編 鐵鋼の製造管理：第十三編 鐵鋼の製造經濟：第十四編 鐵鋼の製造安全：第十五編 鐵鋼の製造衛生：第十六編 鐵鋼の製造環境：第十七編 鐵鋼の製造公害：第十八編 鐵鋼の製造廢棄物處理：第十九編 鐵鋼の製造再生：第二十編 鐵鋼の製造回收：第二十一編 鐵鋼の製造資源：第二十二編 鐵鋼の製造能源：第二十三編 鐵鋼の製造技術發展：第二十四編 鐵鋼の製造技術展望：第二十五編 鐵鋼の製造技術總結

紙數百六十餘頁 正價金壹圓參拾錢

近簡易製鐵術

目次概要 緒言 附屬鐵略史 第一編 總論：鐵の分數：鐵の化學：鐵の物理：鐵の機械：鐵の熱處理：鐵の腐蝕及防蝕：鐵の接合：鐵の検査：鐵の用途：鐵の製造設備：鐵の製造技術：鐵の製造管理：鐵の製造經濟：鐵の製造安全：鐵の製造衛生：鐵の製造環境：鐵の製造公害：鐵の製造廢棄物處理：鐵の製造再生：鐵の製造回收：鐵の製造資源：鐵の製造能源：鐵の製造技術發展：鐵の製造技術展望：鐵の製造技術總結

紙數二百十餘頁 正價金貳圓六拾錢

坩堝製鋼と電氣製鋼

目次概要 第一編 坩堝製鋼法 第二編 電氣製鋼法 第三編 坩堝製鋼法と電氣製鋼法の比較 第四編 坩堝製鋼法と電氣製鋼法の發展 第五編 坩堝製鋼法と電氣製鋼法の展望 第六編 坩堝製鋼法と電氣製鋼法の總結

紙數百七十餘頁 正價金貳圓參拾錢

近刊豫告

九州帝國大學教授 工學博士 小野鑑正氏著

材料力学

目次概要 緒言 第一編 材料の性質 第二編 材料の機械的性質 第三編 材料の物理的性質 第四編 材料の化學的性質 第五編 材料の熱處理 第六編 材料の腐蝕及防蝕 第七編 材料の接合 第八編 材料の検査 第九編 材料の用途 第十編 材料の製造設備 第十一編 材料の製造技術 第十二編 材料の製造管理 第十三編 材料の製造經濟 第十四編 材料の製造安全 第十五編 材料の製造衛生 第十六編 材料の製造環境 第十七編 材料の製造公害 第十八編 材料の製造廢棄物處理 第十九編 材料の製造再生 第二十編 材料の製造回收 第二十一編 材料の製造資源 第二十二編 材料の製造能源 第二十三編 材料の製造技術發展 第二十四編 材料の製造技術展望 第二十五編 材料の製造技術總結

洋裝全一册 四六倍判

京都帝國大學教授 工學博士 齋藤大吉氏著

金屬合金及其加工法

目次概要 緒言 第一編 金屬の性質 第二編 合金の性質 第三編 合金の製造 第四編 合金の加工法 第五編 合金の熱處理 第六編 合金の腐蝕及防蝕 第七編 合金の接合 第八編 合金の検査 第九編 合金の用途 第十編 合金の製造設備 第十一編 合金の製造技術 第十二編 合金の製造管理 第十三編 合金の製造經濟 第十四編 合金の製造安全 第十五編 合金の製造衛生 第十六編 合金の製造環境 第十七編 合金の製造公害 第十八編 合金の製造廢棄物處理 第十九編 合金の製造再生 第二十編 合金の製造回收 第二十一編 合金の製造資源 第二十二編 合金の製造能源 第二十三編 合金の製造技術發展 第二十四編 合金の製造技術展望 第二十五編 合金の製造技術總結

紙數四百九十餘頁 正價金貳圓貳拾錢

東京帝國大學教授 工學博士 俵國一氏著

鐵と鋼及製造性質

目次概要 緒言 第一編 鐵の性質 第二編 鋼の性質 第三編 鐵鋼の製造 第四編 鐵鋼の加工法 第五編 鐵鋼の熱處理 第六編 鐵鋼の腐蝕及防蝕 第七編 鐵鋼の接合 第八編 鐵鋼の検査 第九編 鐵鋼の用途 第十編 鐵鋼の製造設備 第十一編 鐵鋼の製造技術 第十二編 鐵鋼の製造管理 第十三編 鐵鋼の製造經濟 第十四編 鐵鋼の製造安全 第十五編 鐵鋼の製造衛生 第十六編 鐵鋼の製造環境 第十七編 鐵鋼の製造公害 第十八編 鐵鋼の製造廢棄物處理 第十九編 鐵鋼の製造再生 第二十編 鐵鋼の製造回收 第二十一編 鐵鋼の製造資源 第二十二編 鐵鋼の製造能源 第二十三編 鐵鋼の製造技術發展 第二十四編 鐵鋼の製造技術展望 第二十五編 鐵鋼の製造技術總結

紙數四百餘頁 正價金貳圓貳拾錢

2911. 6

359

65

終