

製品の性質に依りては却つて二段羽口の方が利益を得ることが多い。

(10) 操業上の経験及び實驗研究により、地金の熔解過熱と酸化及び熔帶の位置に對して一定の概念を定むることが出來た、其の考へは操業上の變化に應ずるに最も大切なることである。

(11) 尙ほ最後に大書したきは鑄鉄爐操業と Blast furnace 操業との關係にして其の目的とする所又其の操業の程度には差あれども爐内に於ける變化には甚だ類似したるものがある、故に鑄鉄爐に於ける精密なる實驗と適當なる考慮とより得たる關係式は唯だその單位と定數とを變化するのみにて高爐操業に適應せらるべきものなりと信ず、故に公式 I 乃至 IV も高爐操業に適應されて初めて價值があるなり、又高爐の一操業期間は普通、數年或は十數年なるに鑄鉄爐の一操業は數時間にて終るものなる故實驗と觀察とに便宜多く、將來は鑄鉄爐操業の研究改良によつて、高爐操業の改良の企圖せらるべきであることは、丁度醫術の進歩が動物の投藥或は解剖試験の結果に依る所の多きと同様でなければならぬ、第三章以下に於ける研究も此の意味に於ても價值あるものと信ずる、敢て鑄鉄爐に對する抱負を述べて大方識者の教示を乞ふ次第である。(終)

(編輯係 著者は三菱長崎造船所技師也)

鋼の軟化に就て

(大正十三年十二月十日講演筆記)

齋藤省三

○會長(河村駿君) それでは是れから開會いたします、先づ齋藤博士の鋼のアンローリングに就ての御講演を御願ひ致します。

一 緒 言

工業用材料の中、殊に鋼材は熱處理に依つて、其の機械的性質に著しき變化を引き起すものである。従つて其の熱處理は鋼材の種類、用途に依つて區別されなければならぬ、例へば鋼を焼入、焼戻に依つて得られた、ソルバイト組織のものに於ては、弾性限と抗張力との比が約60%位であるけれども、軟化して得られたパーライト組織のものは、此の比が約50%位である。従つて機械設計の際其の使用材料の抗張力が同一であつても、其の鋼の組織がソルバイトなるか、パーライトなるかに依つて、弾性限の相異を考慮に入れ、其の設計を異にしなければならぬと思ふ。斯の如く鋼の性質が、熱處理と重大なる關係を持つので、鋼の熱處理に就ては既に多數の研究が發表されて居る。今茲に述べんとするものは、炭素鋼の軟化に就てであつて、一般に知られて居る軟化溫度は其の鋼の A_3 變態點の上20度(以下溫度は攝氏)位の處を良好として居る。但し茲には球狀セメントイト組織を與ふる如き特殊の軟化作業は省く。然るに同一炭素含有量の鋼で A_3 變態點が同一である場合でも、其の材料が鑄放しのまゝのもの(鑄鋼)であるか、或は鍛鍊されたもの(鍛鍊材)であるかに依つて軟化溫度を異にすべ

きである。依つて炭素含有量 0.34% のものと 0.53% の二種類の炭素鋼に就て軟化作業を施し、其の際の軟化温度、保温時間が物理的試験成績に及ぼす影響を見たのである。

二 試 験 材 料

試験に供した材料は、酸性平爐にて造りし 250 斤、角形鋼塊で寸法は 8 吋¹/₄ 角、長さ約 23 吋のもの 4 本であつて、2 本づゝ 2 熔解に造り、炭素含有量を異にする 2 種類の鋼塊を得た。其れ等の化學成分は次の如きものである。

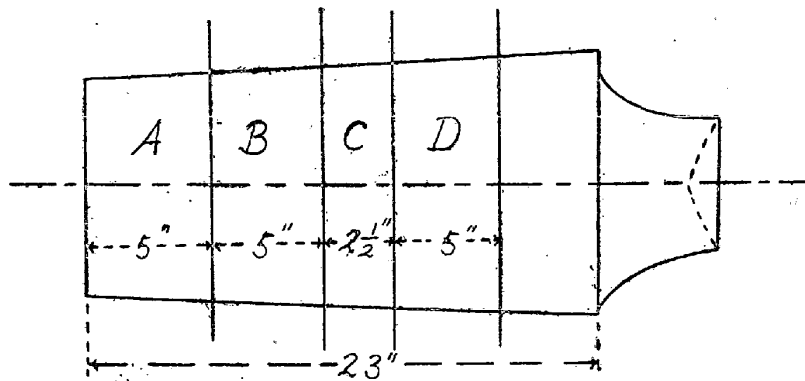
鋼塊記號	炭素 %	滿俺	磷	硫黄	銅	硅素
AC } 同一熔解	0.34	0.74	0.034	0.037	0.12	0.19
AF }	"	"	"	"	"	"
BC } 同一熔解	0.53	0.74	0.040	0.031	0.12	0.21
BF }	"	"	"	"	"	"

此等 4 本の鋼塊の内 AC 及び BC は鍛鍊せず、鋼塊より直接試験片を鋸にて切り出し、AF 及び BF は蒸汽鎚にて鍛鍊し、鍛鍊係數 4、即ち鍛鍊後の斷面積が鋼塊の斷面積の 1/4 となるまで鍛鍊したのである。

AC 及び BC より試験片を採取せる方法は第一圖の如く鋼塊を A、B、C、D の四つに鋸にて切斷し然る後 A、B、D よりは約 1 吋角長さ 5 吋(鋼塊の軸の方向に長く) の試験片各 36 本合計 108 本の抗張試験片を切り取り、C よりは約 1/2 吋角、長さ 2 吋¹/₂ のシャルピー式衝擊試験片(鋼塊の軸の方向に長く) 100 本を切り取つた。

Fig. 1.

(AC, BC, Ingot.)

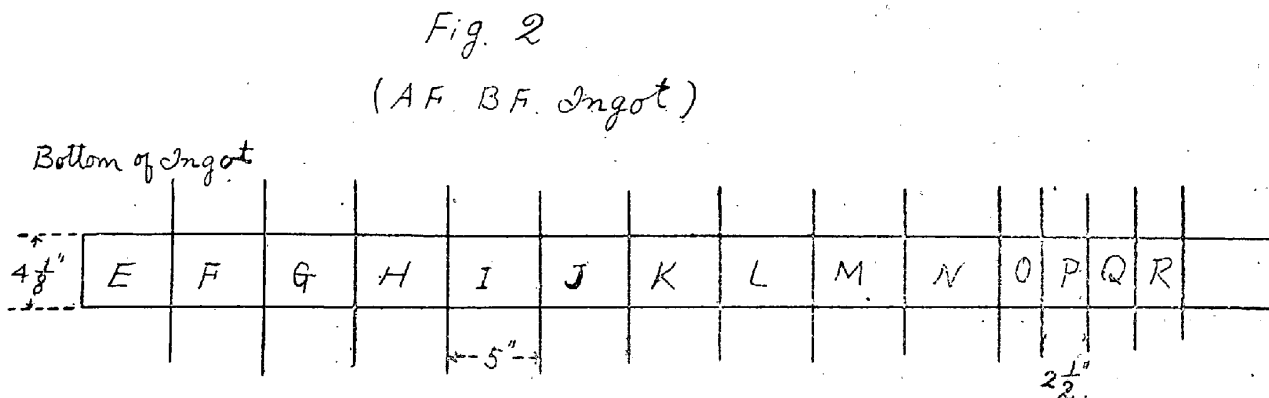


AF 及び BF の鋼塊は鋼塊軸の方向に打ち伸し 4 吋¹/₄ 角(鍛鍊係數 4) のものとし、第二圖の如く、鋼塊の底部に相當する方より長さ 5 吋の鋼片 E より N まで 10 個、長さ 2 吋¹/₂ の鋼片 O より R まで 4 個を切り取り、E より N までのものは約 1 吋角、長さ 5 吋(鍛鍊軸の方向に長く) 各 9 本づゝ 合計 9 本の抗張試験片を取り、O より

R までの鋼片より約 1/2 吋角、長さ 2 吋¹/₂ のシャルピー式衝擊試験片(鍛鍊軸の方向に長く) 各 25 本、合計 100 本を切り取り、即ち 4 本の鋼塊より總計 716 本の試験片を得た。

三 熱 處 理

熱處理は第一表に示す如き軟化温度と其の温度に於て 1 時間、3 時間及び 5 時間と 3 種の保温時間の後薬灰中にて冷却したのである。第一表の如く合計 21 種類の熱處理を施したのであるが、鋼塊の外部と内部とに於ては不純物の析出及び冷却速度の関係から、材質に差異があるため、鍛鍊せざる鋼塊即ち AC 及び BC の鋼塊の中央部に於て、約 2 吋角に相當する部分より取りし試験片は取り棄て、各



3本づつを一群として同一熱處理を施し、鍛鍊せし AF 及び BF の鋼塊のものに於ては、鋼塊の中央部と外部とに於て物理的試験成績に大なる差異を認めなかつたので、試験片の位置により區別せず、各3本づつを一群として同一熱處理を施した。

第一表 Heat treatment.

Annealing temperature.	Time of keeping at the annealing temperature.		
	1 hour	3 hours	5 hours
800°C	"	"	"
850	"	"	"
900	"	"	"
950	"	"	"
1000	"	"	"
1100	"	"	"
1200	"	"	"

斯くして同一熱處理を受けた3本の試験片の物理的試験成績平均値を求めたのである。熱處理に使用せる爐は、軟化溫度950度までは、ニクロム線を巻いた電氣抵抗爐を用ゐ、950度以上の場合には炭素板の抵抗に依るホスキンス式電氣爐を用ゐた、溫度は白金及び白金、ロヂニウム線の熱電對に依つて測定した。

四 物理的試験

物理的試験としては、抗張試験、シャルピー式衝擊試験、ブリネル氏硬度とに就て施行した。試験片の大きさは、抗張試験の場合は直徑 0.533吋、標點距離 2 吋、シャルピー式衝擊試験の場合は、同機(30 呎米機)の規定寸法、ブリネル氏硬度は、球の直徑10 耗、壓力3000 呎に於て測定した。此等の試験成績は、第二表より第五表までに示してある(試験片3本づつの平均値)又第3圖より第12圖までに其等の値を曲線にて示した。

(イ) 炭素含有量 0.34% の場合 第3圖及び第4圖に依つて見らるゝ如く抗張試験に於て、抗張力及び彈性限は何れも軟化溫度及び保溫時間に殆ど影響なく、又鑄放しのものに就ても、鍛鍊せるものに就ても略々同一の値を示して居る、然るに鑄放しものは第3圖に於て見る如く断面收縮率及び延伸率が軟化溫度の上昇と共に幾分上昇する傾向があるが、鍛鍊せるものは第4圖に於て見る如く断面收縮率及び延伸率が軟化溫度の上昇と共に下降する、但し第3圖に見る如く鑄放しものの断面收縮

率と延伸率との曲線が軟化温度と時間とに對し可なり不規則である、此れは鋼塊の位置に依る第一次結晶の形及び大きさ、鋼中に含まるゝ不純物の不均一等から來た結果であると思ふ、此の點は試験片を採る際其の位置を考へて成るべく避くる様にしたが、其れでも圖の如き不規則を免れなかつた。鑄放しのもの硬度及びシャルピー式衝擊値は第5圖に於て見る如く、軟化温度と保温時間に關しあまり影響がないが、鍛錬せるものに於ては第6圖に示す如く軟化温度の上昇するに従つて硬度と衝擊値が下降し、此の關係は衝擊値に於て著しい。

以上の現象中影響の著しき衝擊値に就て考へて見るに、第13圖乃至第46圖の顯微鏡寫眞で見る如く總て軟化温度の上昇と共に其の組織は著しく粗大となるのである、此の組織の粗大となるに従つて衝擊値が次第に下降する事は既に知られて居る事である。然るに鑄放しのもの衝擊値は結晶粒の粗大となるにかかはらず下降しないのである、鋼が A_1 變態點以上の温度に保たるとき、此れに及ぼす影響に二通りあつて、第一は次第に其の結晶粒を大にする事、第二は結晶粒間に介在する不純物の擴散に依つて不純物の分布を均一にする事である。鋼塊が造らるゝ時は第一次結晶の生成に際し不純物の析出が甚だしいのであるが、此れを鍛錬した材料に就て言へば、鍛錬の際結晶粒が破壊せられ不純物の分布が鍛錬せざるものに比し可なり均一となるものである、衝擊値に於ては結晶粒の小なるもの、不純物の分布均一なるものが良好なる成績を示すのであつて、軟化作業の際、鑄放しのもものは温度の上昇と共に第一の影響即ち結晶粒の粗大となるため其の衝擊値を下げる様になるが、第二の影響即ち不純物の分布を均一にするために其の衝擊値を増す様になる、此の二つの作用が相殺して軟化温度が衝擊値にあまり影響がないと考へられる、然るに鍛錬された鋼材に於ては不純物の分布が A_1 變態點以上比較的低温で容易に行はれ、其れ以上温度が上昇する場合には結晶粒の粗大になると云ふ悪しき影響の方が大となり従つて軟化温度の上昇と共に其の衝擊値が下降するのである、同様の事は断面收縮率及び延伸率に就ても言はれると思ふ。

以上の考へ方を確むるため、一旦1000度まで加熱して冷却したものと1200度まで加熱して冷却したものとを再び800度まで加熱して軟化した。其の結果に依ると、鑄放しの場合は1200度に加熱し冷却後再び800度で軟化せるものは断面收縮率、延伸率及び衝擊値が著しく良好となり、殊にシャルピー式衝擊値が3.90なる値を示し、鍛錬せる試験片を800度にて5時間保温後冷却せしもの衝擊値3.48に勝る如き結果を得たのである、即ち第20圖及び第21圖の寫眞で見る如く1200度の加熱に依つて結晶粒が著しく粗大となりしものが再び800度の加熱に依つて結晶粒が小となり、且つ最初1200度の加熱の際不純物の分布が均一となつた事に歸するのである、斯の如き高温と低温の二段軟化は此の種の炭素鋼に於ては最も良き方法である。鍛錬せるものに就て見るも此の二段軟化は普通の軟化作業を施したものに比し、断面收縮率、延伸率及び衝擊値に於て優り、此の場合は1000度まで加熱後冷却し再び800度にて軟化せるもの衝擊値は最も良好で4.93なる値を示した。

硬度に就ては、鑄放しのもものは軟化温度にあまり關係がないが、鍛錬せるものは軟化温度の上昇す

第 二 表

Tensile test. C=0.34% (AC and AF)

Heat treatment		Elastic Limit Ton/□"		Ultimate Strength Ton/□"		Elongation %		Contraction %	
Annealing Temp. C°	Time of Keeping at the temp.	As Cast	After Forged	As Cast	After Forged	As Cast	After Forged	As Cast	After Forged
800	1h	19.1	20.1	37.0	37.6	—	27.3	—	45.5
800	3h	19.4	21.0	37.1	38.0	20.0	27.6	26.4	45.7
800	5h	19.6	20.5	37.3	36.9	20.0	29.1	23.1	50.0
850	1h	19.6	20.4	37.9	37.6	21.5	27.9	24.2	45.5
850	3h	20.2	21.2	37.6	37.2	20.9	27.8	24.6	45.5
850	5h	20.1	21.6	37.4	38.0	20.4	27.6	24.2	45.2
900	1h	20.5	20.0	38.0	37.3	21.7	25.5	27.4	45.7
900	3h	19.2	20.3	37.0	38.1	21.9	27.0	24.6	48.1
900	5h	20.3	20.0	37.4	37.3	19.0	25.7	21.1	45.7
950	1h	20.2	18.8	36.7	37.1	24.4	25.5	30.3	44.2
950	3h	19.8	19.3	37.4	37.0	23.0	25.8	30.9	45.5
950	5h	19.4	19.5	37.4	37.5	20.0	26.3	23.3	45.9
1000	1h	21.7	18.0	37.7	36.3	23.3	24.8	28.7	42.6
1000	3h	20.0	17.8	37.4	35.3	19.8	24.8	24.6	40.1
1000	5h	20.0	18.0	37.8	36.3	19.0	26.7	22.2	40.8
1100	1h	22.5	18.0	38.0	36.4	21.8	26.0	28.7	42.7
1100	3h	24.7	17.6	38.1	35.4	22.0	27.3	26.4	42.3
1100	5h	22.0	19.0	38.2	38.9	24.0	24.2	30.1	39.8
1200	1h	21.5	20.2	38.2	38.4	23.5	25.3	32.7	41.7
1200	3h	20.7	18.1	38.1	38.9	21.2	27.6	29.8	40.1
1200	5h	18.6	18.9	38.6	38.5	25.3	27.8	40.0	43.2
Un-treated		18.5	21.3	39.6	40.1	17.5	27.0	18.9	45.0

第 三 表

Charpy's Impact test and Brinell's Hardness.

C=0.34% (AC and AF)

Heat treatment		Brinell's Hardness Number		Impact test Kg. m/c.m ²	
Annealing temp. C°	Time of Keeping at the temp.	As Cast	After Forged	As Cast	After Forged
800	1h	189	180	2.41	3.07
800	3h	165	177	2.17	3.38
800	5h	182	176	2.09	3.48
850	1h	169	179	2.48	3.00
850	3h	165	173	2.09	2.96
850	5h	166	178	2.04	2.63
900	1h	175	174	2.27	2.33
900	3h	164	181	2.65	2.15

900	5h	166	177	2.57	2.00
950	1h	168	174	2.69	2.09
950	3h	177	170	2.78	1.98
950	5h	187	182	2.36	2.03
1000	1h	174	164	2.42	2.12
1000	3h	165	170	2.07	2.35
1000	5h	176	175	2.37	2.66
1100	1h	171	168	2.79	1.68
1100	3h	166	156	2.31	1.46
1100	5h	171	179	2.28	2.01
1200	1h	162	161	2.67	1.19
1200	3h	164	167	2.16	1.58
1200	5h	155	152	1.31	0.94
Un-treated		182	196	1.98	4.45

第 四 表

Tensile test. C=0.53% (BC and BF.)

Heat treatment		Elastic Limit Ton /□"		Ultimate Strength Ton /□"		Elongation %		Contraction %	
Annealing Temp. C°	Time of Keeping at the temp.	As Cast	After Forged	As Cast	After Forged	As Cast	After Forged	As Cast	After Forged
		800	1h	20.5	23.4	41.8	44.4	16.0	26.2
800	3h	22.0	24.3	43.0	44.8	15.3	23.3	17.7	37.9
800	5h	21.8	24.2	41.7	44.3	13.2	24.8	16.6	36.9
850	1h	21.9	23.9	43.4	44.6	13.9	23.0	17.2	36.9
850	3h	21.2	24.0	43.0	44.9	15.3	23.7	17.7	35.9
850	5h	21.1	23.3	42.0	44.2	16.0	23.0	20.0	36.9
900	1h	22.2	23.8	43.1	45.1	16.0	23.0	20.0	36.9
900	3h	21.8	23.5	42.7	45.2	14.7	22.5	17.7	33.9
900	5h	20.7	23.0	42.4	44.7	15.5	22.2	20.1	34.9
950	1h	20.8	23.7	42.3	44.8	16.0	22.5	18.8	33.9
950	3h	20.6	23.2	42.0	45.5	17.0	20.5	20.0	31.8
950	5h	21.1	22.7	43.1	45.4	17.0	21.0	20.5	31.8
1000	1h	21.3	22.5	44.0	45.3	12.8	18.8	14.3	30.8
1000	3h	20.6	22.6	42.9	45.8	12.0	19.7	15.3	26.4
1000	5h	21.1	22.5	45.2	45.1	13.0	20.0	15.5	29.7
1100	1h	20.1	21.2	44.3	45.1	13.0	19.8	16.6	25.2
1100	3h	20.8	21.8	44.7	45.7	14.3	18.2	16.6	25.4
1100	5h	21.6	21.5	46.3	45.0	13.8	19.3	18.9	26.4
Un-treated		21.1	21.7	45.4	49.7	9.0	17.2	12.0	27.5

第五表

Charpy's Impact test and Brinell's Hardness.

C=0.53% (BC and BF.)

Heat treatment		Brinell's Hardness Number		Impact test kg. m/c.m ²	
Annealing temp. C°	Time of Keeping at the temp.	As Cast	After Forged	As Cast	After Forged
800	1h	190	214	1.23	2.32
800	3h	189	216	1.00	1.93
800	5h	195	213	1.26	2.19
850	1h	192	207	1.27	2.47
850	3h	194	212	0.78	2.03
850	5h	188	216	0.84	2.46
900	1h	200	214	0.80	2.11
900	3h	193	223	0.95	1.91
900	5h	187	216	0.73	1.76
950	1h	195	210	0.75	2.07
950	3h	189	213	0.57	1.69
950	5h	180	219	0.83	1.99
1000	1h	202	209	0.94	1.48
1000	3h	200	196	0.60	1.54
1000	5h	204	185	0.81	1.28
1100	1h	198	197	0.78	1.31
1100	3h	—	172	0.81	1.12
1100	5h	—	173	0.87	0.84
Un-treated		223	246	0.55	1.18

るに従つて硬度が下る傾向を示した、此の事は試験片が高温度に於て其の表面幾分脱炭し硬度を測定したのは表面であつたためであらうと思はれる。

以上實驗せし範圍の物理的試験成績は軟化温度の高低に依つて變化するが、保温時間に關しては殆ど其の影響を認められない。

炭素含有量 0.34% の鋼に就ては以上述べた如く、軟化作業としては二段軟化が最も良好であるが、普通行はるゝ一回の軟化作業の場合には、鑄放しのまゝのものに於ては、其の温度が物理的試験成績に大なる影響を及ぼさない、然し經濟上より見てもあまり高熱度に加熱する事は不利益である、従つて炭素含有量 0.34% 内外の鋼では 850 度乃至 950 度位の間の温度に於て軟化する事が適當であると考へる、又鍛錬せる材料では高温度で軟化する事は有害であつて 800 度位でよく、即ち A₃ 變態點(約 830 度以下の温度に於ても軟化の目的が充分達せられると思ふ。但し此の實驗に於ては鍛錬係數 4 の場合であつて鍛錬係數が、より大なる場合は猶ほ此の軟化温度を下げて宜からうと思ふ。

鑄鋼の軟化に就ては最近 P. Oberhoffer 氏 (Z. d. V. d. I. Vol. 67, No. 51, Dec. 22, 1923, pp. 1129-1133. 機械學會誌第 27 卷第 87 號, 613 頁, 摘録) が發表して居る、此れに依れば、延伸率が炭素含有量

0.26%以下のときは850度乃至1000度間の軟化溫度に依つて殆ど變化なく、炭素含有量0.4%以上のものは、溫度の増加と共に幾分減少して居る、又衝擊値は炭素含有量にかかはらず何れも軟化溫度の上昇に従つて減少して居る、然して此の關係は炭素含有量0.26%以下のものに著しく現はれて居る、此れと今回の實驗の結果と比較して見るに、炭素含有量0.34%の處では Oberhoffer 氏の實驗の内炭素含有量0.26と0.4%との二つの結果から推定して其の延伸率が溫度に依つて大なる影響がないと思はれ、今回の實驗の結果、延伸率が850度乃至1000度間に於てあまり變化なき事と一致する。衝擊値に就ては、Oberhoffer 氏のものは溫度の上昇に従つて幾分減少し、今回の實驗には溫度の上昇に依つて變化なき値を示して居る、此の點幾分の相違がある。此れは試験片鑄造の際冷却の速度の差に依る第一次結晶の大小、鋼中に含まるゝ不純物の多寡に依つて幾分の相違を來した事と思ふ。

二段軟化の良好なる事に關しては既に知られて居る事で、炭素含有量0.07%の鋼を1300度まで加熱し一旦冷却後再び850度、900度及び1100度にて軟化せる例が Hoyt. Metallography. Part II. p. 197 に記載してある、此れは過熱された鋼 (Overheated steel) の恢復に關する實驗であるが、良好なる結果を示して居る。

(ロ)炭素含有量0.53%の場合 此の場合は第四表、第五表及び第7圖乃至第12圖に依つて見らるゝ如く、鍛鍊せるものに關しては前同様の結果を示して居るが、鑄放しのものに就ては第7圖に見る如く、断面收縮率と延伸率とが、軟化溫度800度乃至950度の間は變化なく、其れ以上の溫度に於て減少する、衝擊値に就ても軟化溫度の上昇に従つて幾分減少する。此の點は炭素含有量0.34%の場合と相違するのであつて Oberhoffer 氏の研究と一致する、此れは、炭素含有量多き場合、其の A_3 變態點が低き事、従つて不純物の擴散による分布均一となる影響よりも結晶粒の粗大による影響が多いと云ふ事を示すのであつてと思ふ。此の場合も前同様二段軟化は良好なる成績を現はし初め1000度まで加熱せるものを再び800度で軟化したものは、断面收縮率及び衝擊値に於て優れて居り例へば鑄放しのまゝのもの衝擊値が1.39、鍛鍊せるものの衝擊値は2.99なる値を示して一回軟化の何れの溫度のものよりも良好であつた。此の場合の顯微鏡的組織の變化は第31圖乃至第46圖に示してある。

以上の結果から炭素含有量0.53%附近のものでは、鑄放しのものの軟化溫度は800度乃至850度 A_3 變態點約780度)を良好とし、鍛鍊せるものに於ては800度以下に於ける軟化試験を行はなかつた爲め明瞭でないが、800度以下 A_3 變態點附近の溫度で宜いと思はれる。尙ほ此の場合も鍛鍊係數に依つて幾分其の溫度に差のある事は想像される。

(ハ)鑄放しのものと鍛鍊せるものとの物理的試験成績比較 前述の如く、同一軟化溫度の場合は、保温時間が其の物理的試験成績に殆ど影響しなかつた、其れ故同一軟化溫度に就て、保温時間1時間、3時間、5時間の値を平均して求めた、物理的試験成績の値を、第11圖、及び第12圖に示した、第11圖は炭素含有量0.34%の場合、第12圖は炭素含有量0.53%の場合に就てである、此れ等の圖に依つて見れば鑄放しのものと鍛鍊せるものと物理的試験成績の比較が明瞭となる、即ち鑄放しのものと、鍛鍊せるも

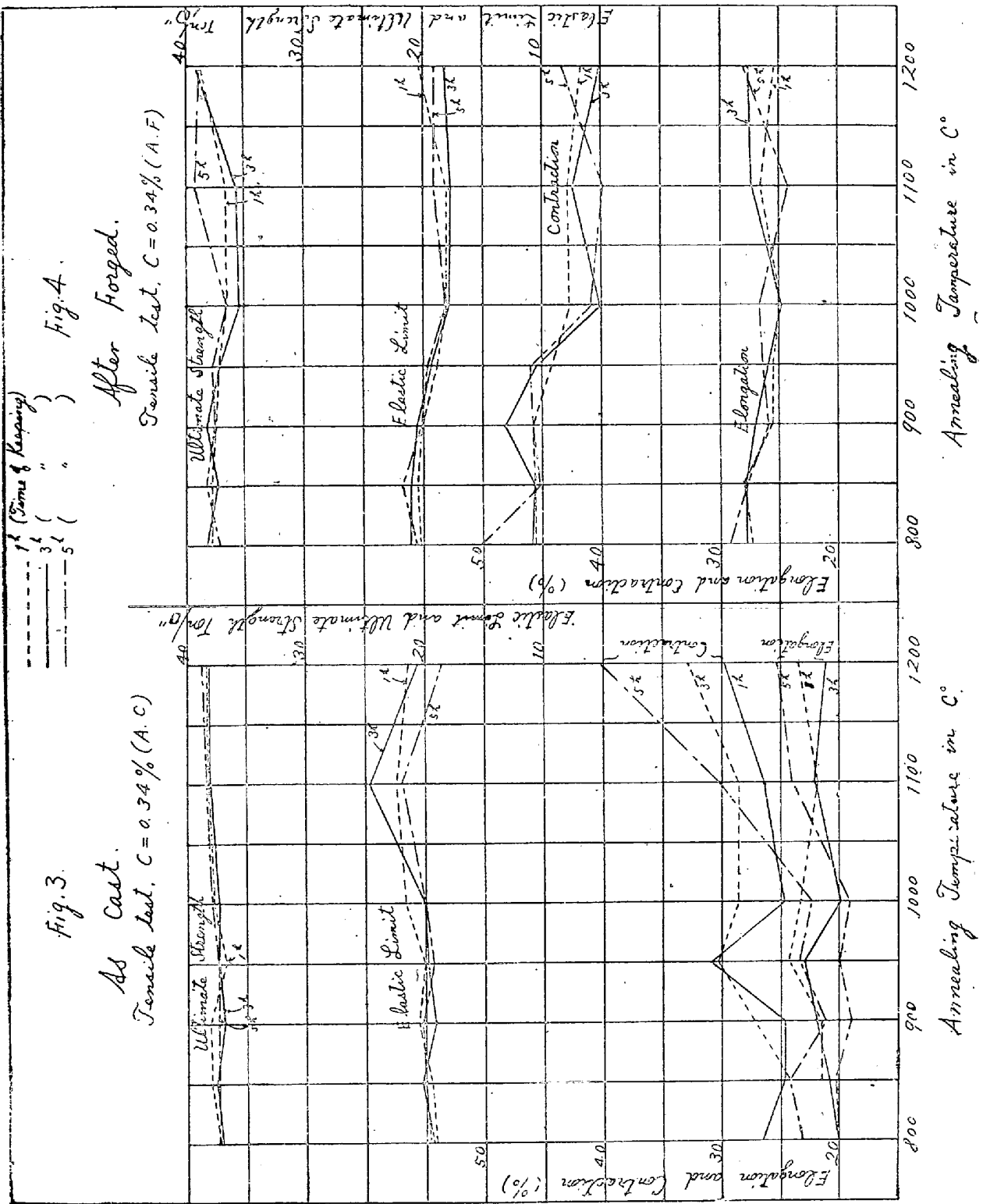
のとの差は主として断面収縮率、延伸率及び衝撃値である、此の内断面収縮率と延伸率とは常に鍛錬せるものの方が良好である、然し衝撃値に就ては第11圖の如く鍛錬せるものと、鑄放しのものとの曲線が軟化温度900度附近で切り合ふて居る、即ち軟化温度の高き場合は鍛錬せるものの衝撃値が鑄放しのものよりも低下する事がある。

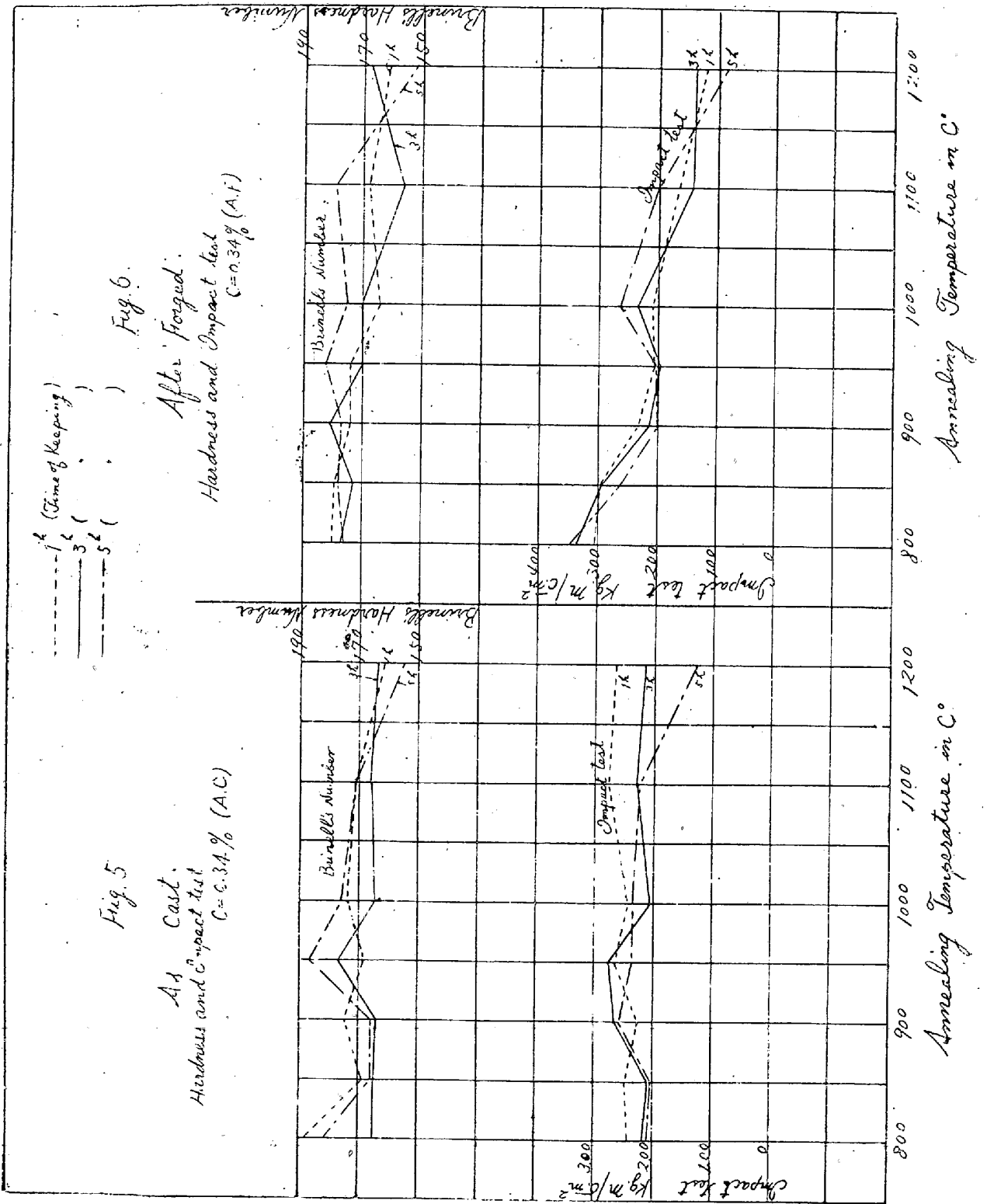
五、顯微鏡組織

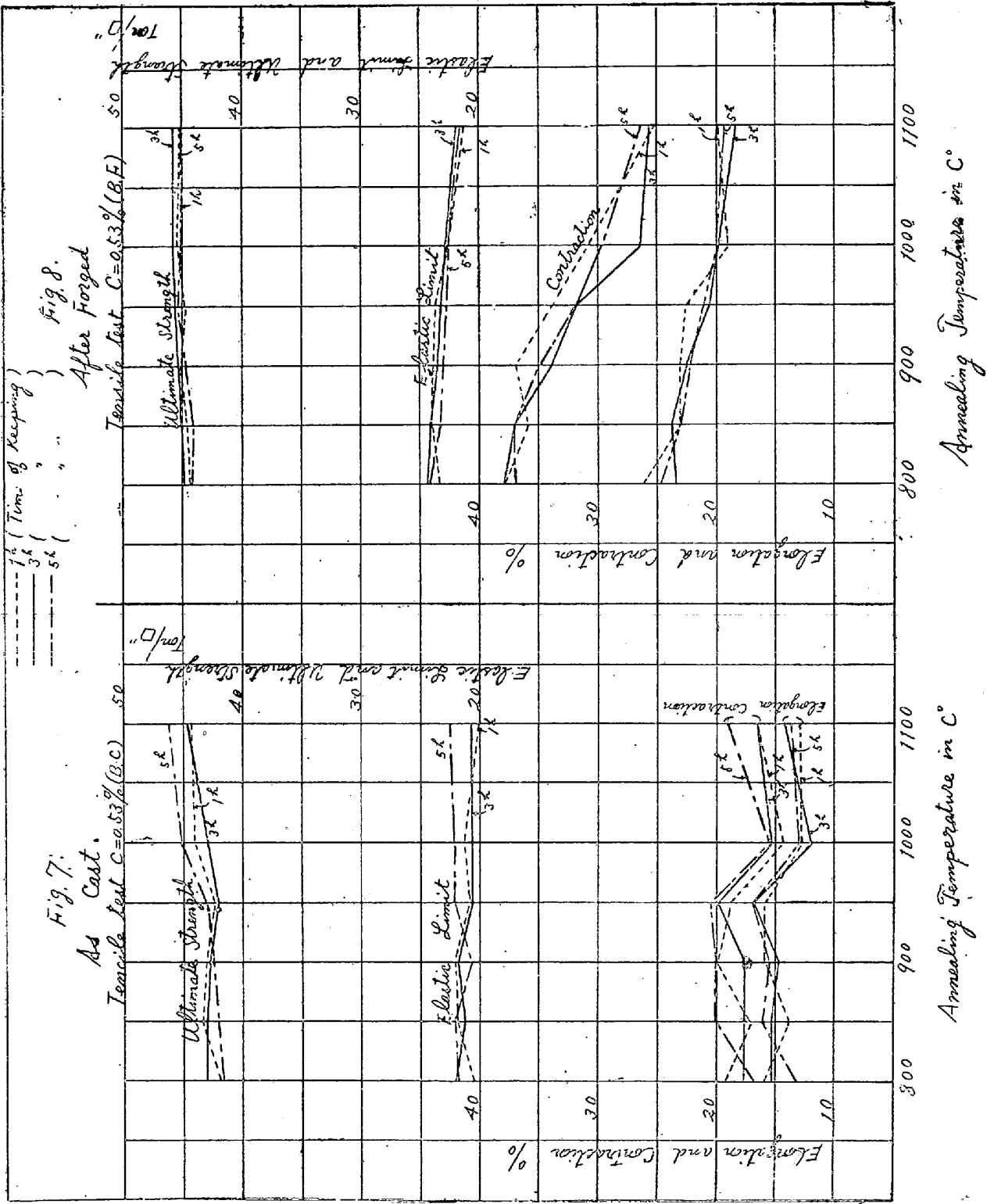
第13圖乃至第46圖に、鑄放しのまゝ、鍛錬せるまゝ、及び夫れ等を800度乃至1200度の間にて軟化せるものの顯微鏡寫眞を示してある、何れも軟化温度の上昇と共に結晶粒の粗大となる事が見られる又第21・30・38・46圖の如く二段軟化のものは結晶粒が可なり小になつて居る、又第24圖と第30圖と比較して見るに、其の顯微鏡組織に大差がないが、衝撃値に就て比較して見ると、第24圖に示す850度にて軟化せるものは第30圖に示す二段軟化のものに比し著しき相違がある、即ち其の衝撃値は前者は2.96であり、後者は4.27である、斯の如き關係は第40圖と第46圖に就ても言へる、此の點から見て、顯微鏡組織のみから材質の判断を下す事が出来ないのである。又鑄放しのものに就ては第14圖、第16圖、第32圖、第33圖に見る如く未だ第一次結晶粒の残つて居るのが見られる。

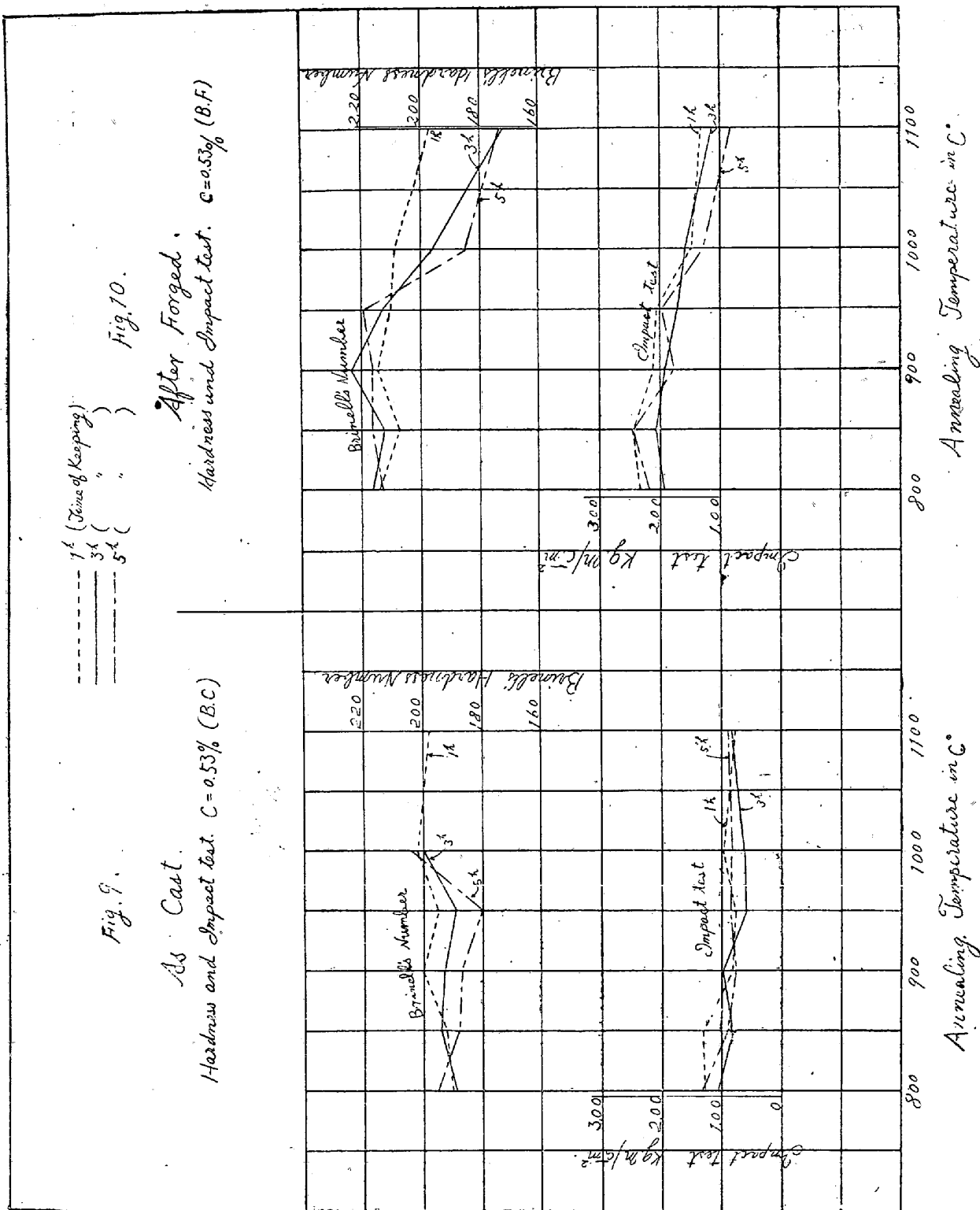
六、結 論

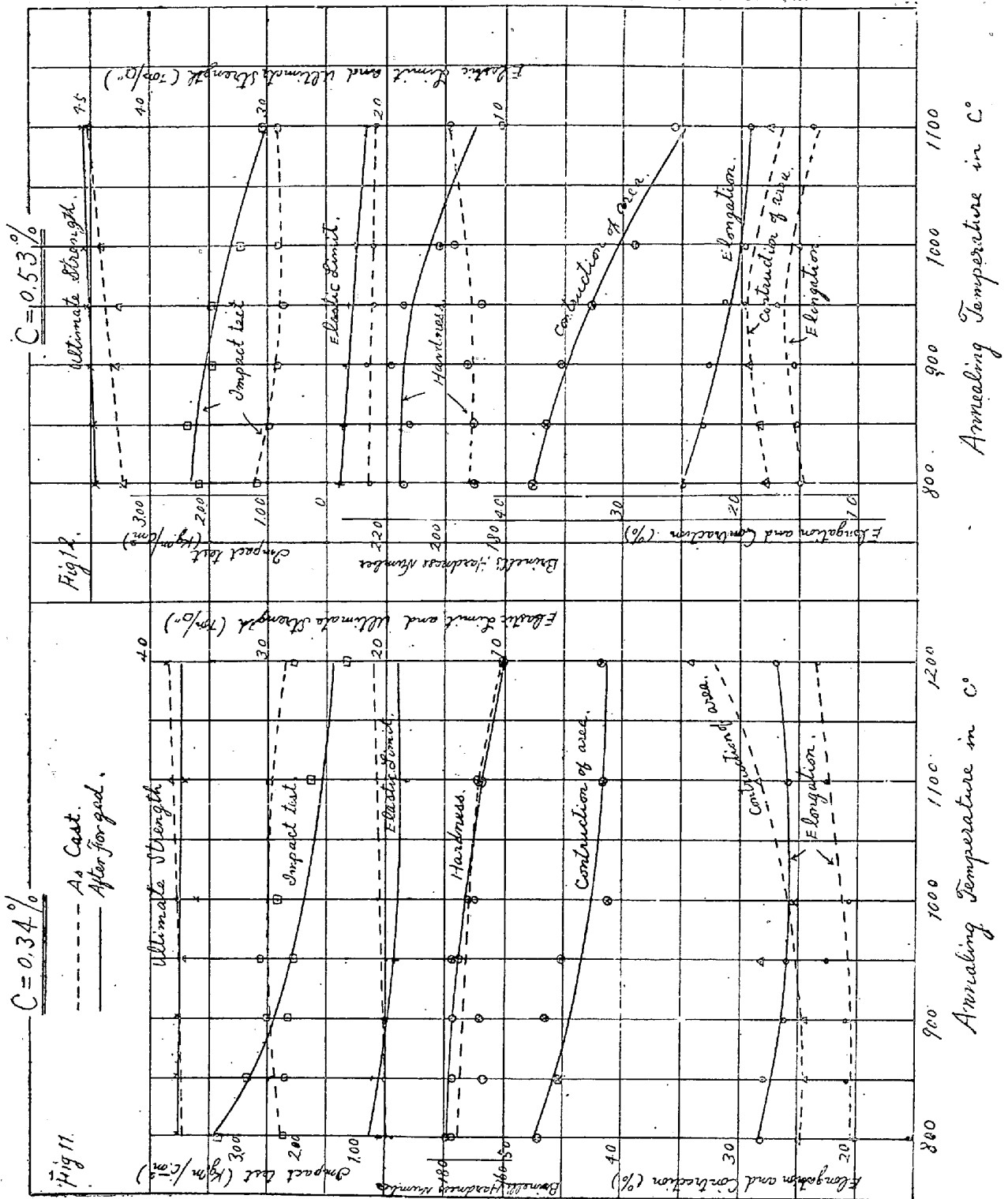
- (1)炭素含有量0.34及び0.53%の鋼に就て軟化作業を施した、軟化温度は800度乃至1200度、保温時間は1時間、3時間、5時間である。
- (2)軟化後抗張試験、硬度及びシャルピー式衝撃試験を行ふ。
- (3)抗張力と弾性限とは軟化温度、保温時間に關せず常にほぼ一定の値である、又鑄放しのものと、鍛錬せるものとの間に差が無い。
- (4)測定せる範圍の物理的試験の結果は總て保温時間に關係せず、温度に依つてのみ變化する。
- (5)炭素含有量0.34%の鑄放しの場合は軟化温度が断面収縮率、延伸率及びシャルピー式衝撃値に對し大なる影響なく、鍛錬せる場合は、軟化温度の上昇と共に夫れ等の値が下降する。
- (6)炭素含有量0.53%の鑄放しの場合は、軟化温度950度以上に於て、断面収縮率と延伸率とが幾分減少する。鍛錬せる場合は軟化温度の上昇と共に夫れ等の値は下降する。
- (7)此の現象は、軟化の際二つの作用が働き、一つは不純物の擴散、一つは結晶粒の増大と云ふことから説明される。
- (8)以上の事から、鋼の軟化には、高温度及び低温度の二段軟化を良好とする。
- (9)軟化温度の上昇するに従つて結晶粒の粗大になる事に就ては各温度にて軟化せるものの顯微鏡寫眞を示した。
- (10)此の研究は住友製鋼所研究係にて行ひしもので本研究を援助せられし首藤立冬氏に感謝の意を表す。











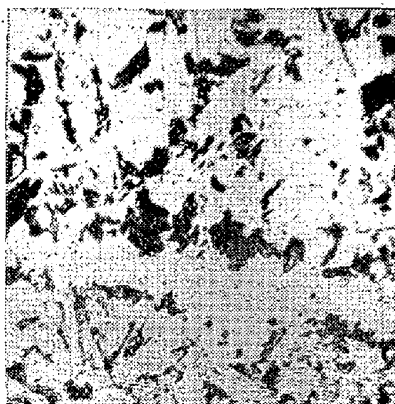
Steel with 0.34% Carbon, as Cast. (AC)

Fig. 13.



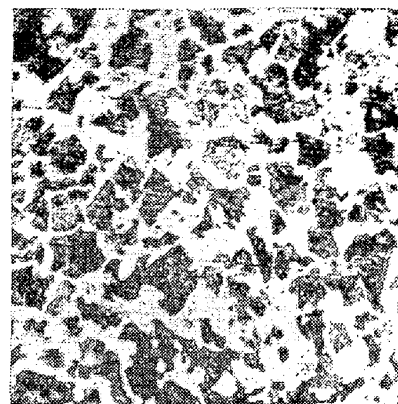
As Cast. Untreated.
× 100.

Fig. 14.



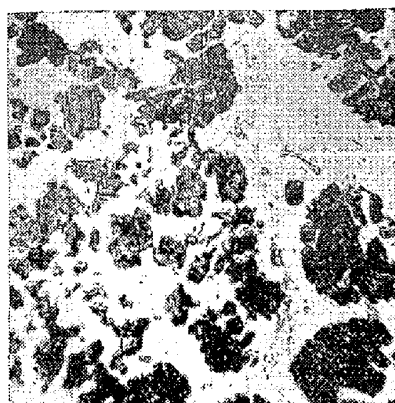
At 800°C for 3 hours.
× 100.

Fig. 15.



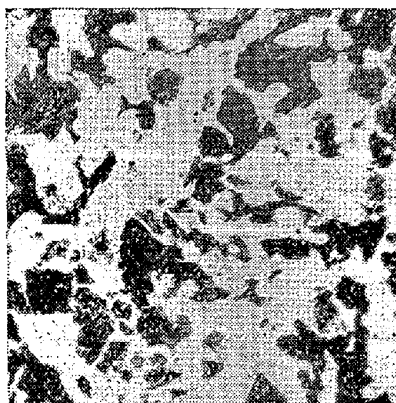
At 800°C for 3 hours.
× 100.

Fig. 16.



At 900°C f.r 3 hours.
× 100.

Fig. 17.



At 950°C for 3 hours.
× 100.

Fig. 18.



At 1000°C for 3 hours.
× 100.

Fig. 19.



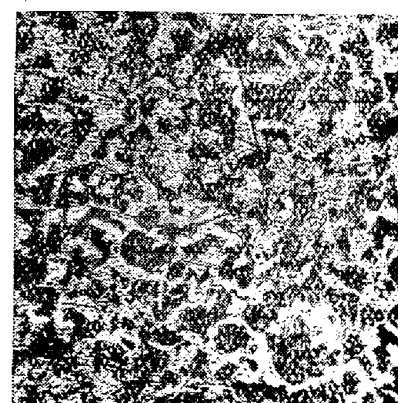
At 1100°C for 3 hours.
× 100.

Fig. 20.



At 1200°C for 5 hours.
× 100.

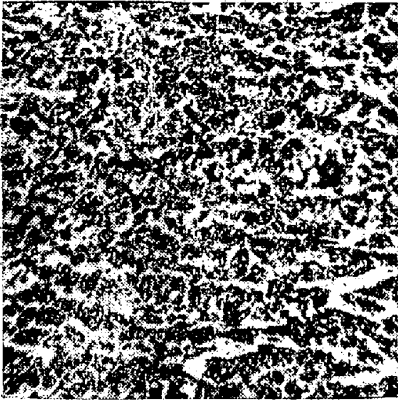
Fig. 21.



At 1200°C f.r 5 hours.
× 100.
Again at 800°C for 30 minutes.

Steel with 0.34% Carbon, forged. (AF)

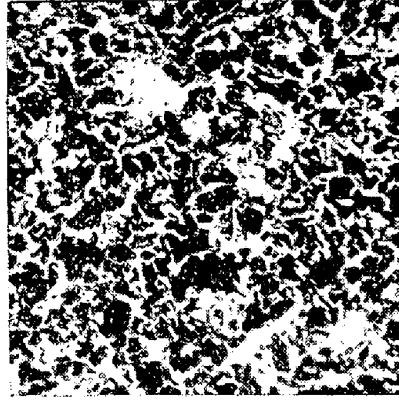
Fig. 22.



After forged, untreated.

× 120.

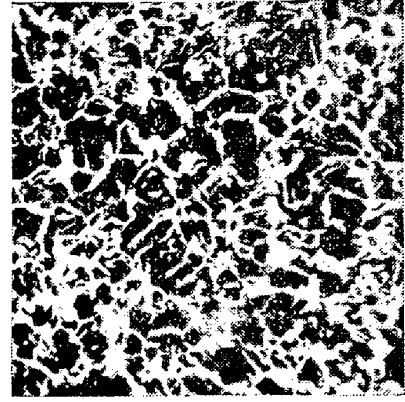
Fig. 23.



At 800°C for 3 hours.

× 100.

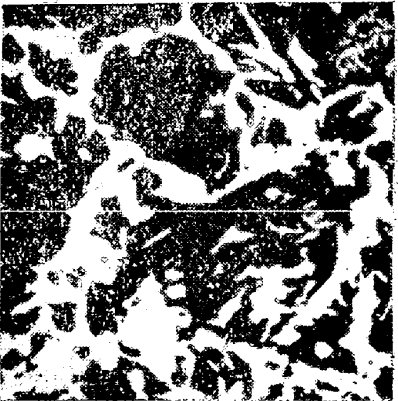
Fig. 24.



At 850°C for 3 hours.

× 100.

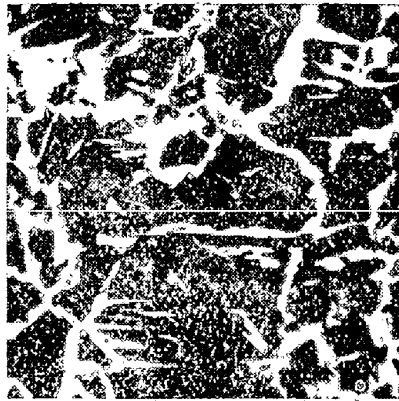
Fig. 25.



At 900°C for 3 hours.

× 100.

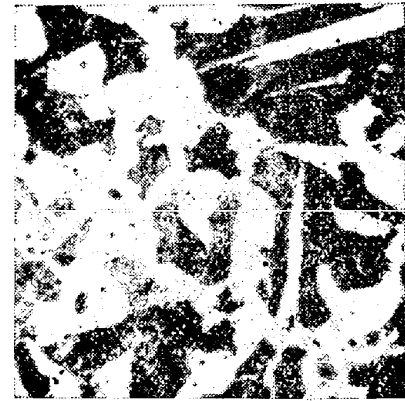
Fig. 26.



At 950°C for 3 hours.

× 100.

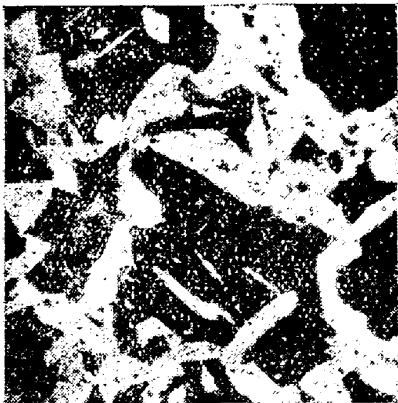
Fig. 27.



At 1000°C for 3 hours.

× 100.

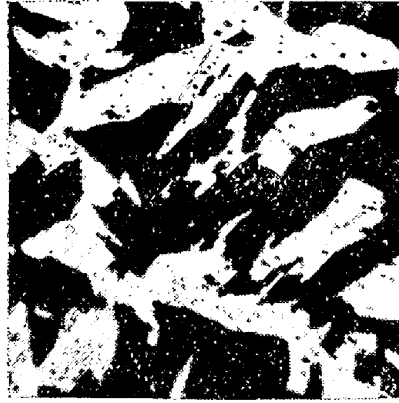
Fig. 28.



At 1100°C for 3 hours.

× 100.

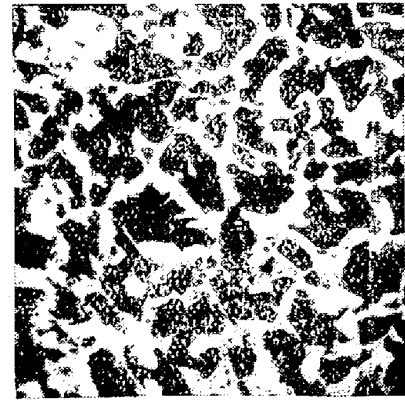
Fig. 29.



At 1200°C for 5 hours.

× 100.

Fig. 30.



At 1200°C for 5 hours.

× 100.

Again at 800°C for 30 minutes.

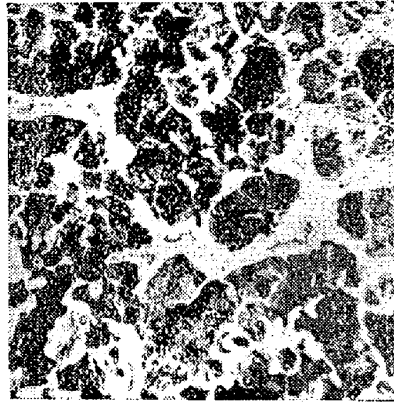
Steel with 0.53% Carbon, as Cast. (BC)

Fig. 31.



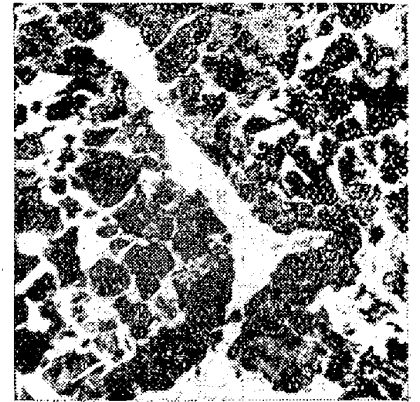
As Cast. Untreated.
× 100.

Fig. 32.



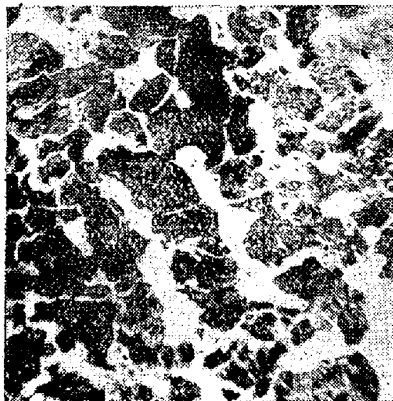
At 800°C for 3 hours.
× 100.

Fig. 33.



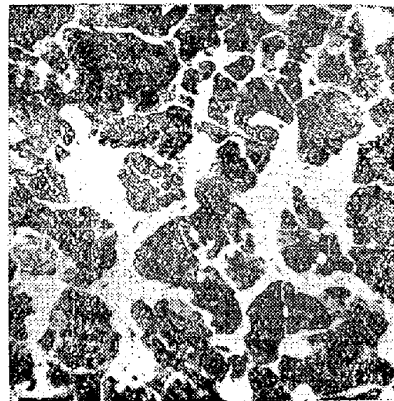
At 850°C for 3 hours.
× 100.

Fig. 34.



At 900°C for 3 hours.
× 100.

Fig. 35.



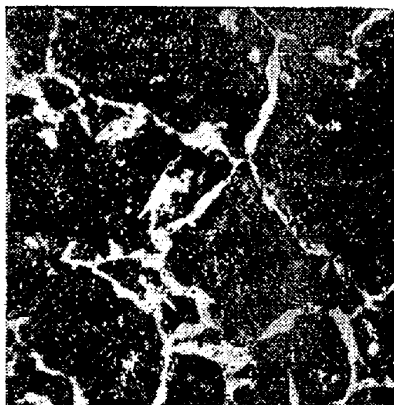
At 950°C for 3 hours.
× 100.

Fig. 36.



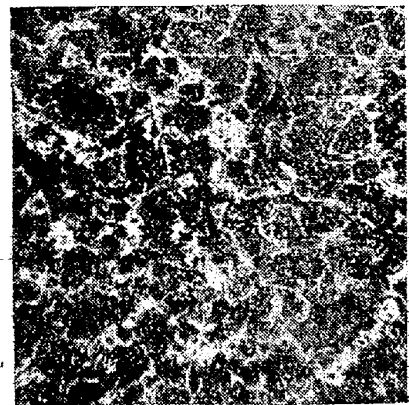
At 1000°C for 3 hours.
× 100.

Fig. 37.



At 1100°C for 5 hours. × 100.

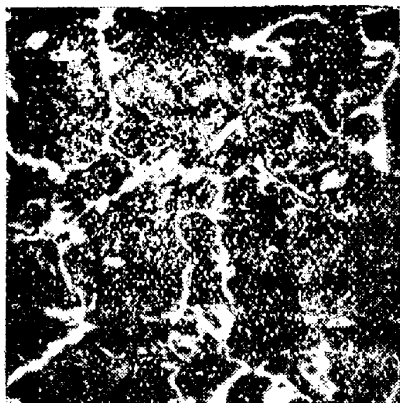
Fig. 38.



At 1000°C for 5 hours. × 100.
Again at 800°C for 30 minutes.

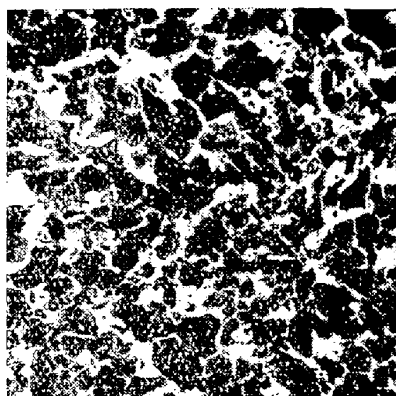
Steel with 0.53% Carbon, forged. (BF)

Fig. 39.



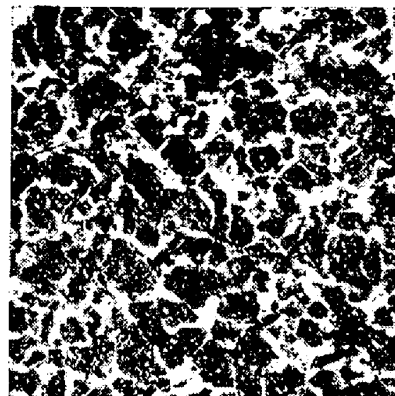
After forged, Untreated.
× 100.

Fig. 40.



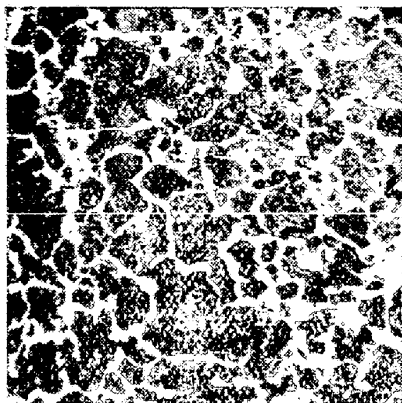
At 800°C for 3 hours.
× 100.

Fig. 41.



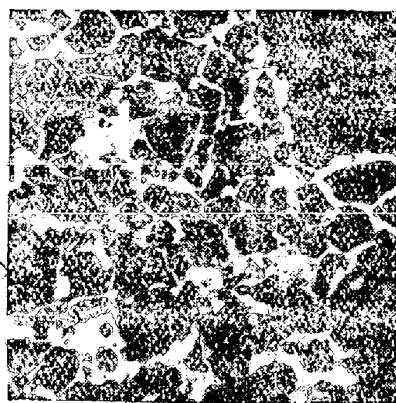
At 850°C for 3 hours.
× 100.

Fig. 42.



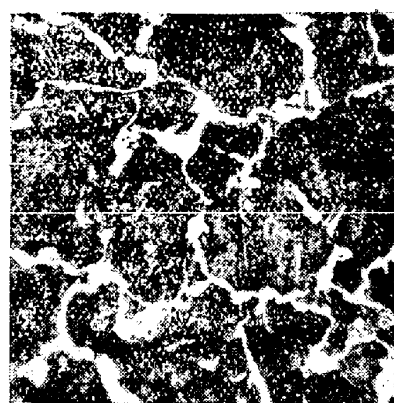
At 900°C for 3 hours.
× 100.

Fig. 43.



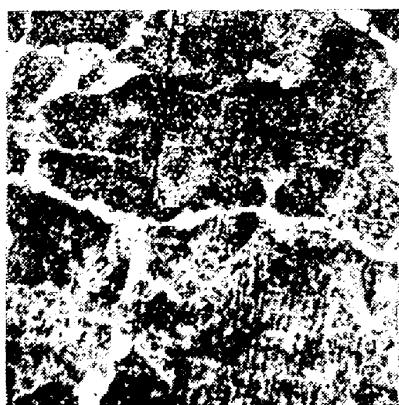
At 950°C for 3 hours.
× 100.

Fig. 44.



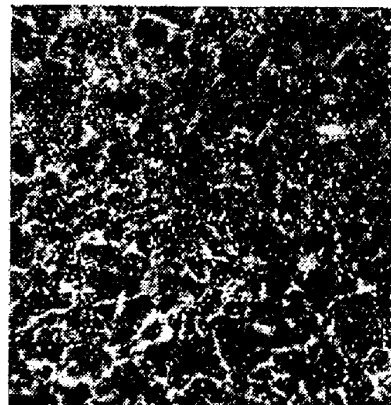
At 1000°C for 3 hours.
× 100.

Fig. 45.



At 1100°C for 5 hours. × 100.

Fig. 46.



At 1000°C for 5 hours. × 100.
Again at 800°C for 30 minutes.

質疑應答

○會長(河村驥君) どうか御質問のあります方は御提出を願ひます。

○河村驥君 温度を上げます時間ばかりでなしに、温度を急に上げるとか、ゆつくり上げるとか云ふ速度に依つては變化はありませんか。

○齋藤省三君 加熱の速度は略々一定に致しましたが、保溫時間1時間から5時間の間に於ても殆ど變りませぬですから、其速度は餘り影響しないかと思つて居ります、冷却の時の速度は影響がありますが、加熱の速度は影響の無いものだと想像して居ります。

○今泉嘉一郎君 ブリネルの試験をなさると云ふのには表面を削つておやりになりましたのですか。

○齋藤省三君 ブリネルの試験に供した材料は抗張試験片の頭部でありまして、抗張試験片は一時角、長さ五時のものを熱處理致したのでありますから、表面は高温度の軟化の際幾分脱炭されて居りましたため、高温度で軟化したものの硬度が低くなつた様に思はれます。

○鹽田泰介君 フォージしない鑄放しの儘の分は真中の部分からテスト・ピースを取らなかつたと云ふ御話であります、さうすれば碁盤の目の何れから採つたか場所を示す圖を御出しになつたら、有益なる御話が一層完全になるやうに考へますが、それは御控へになつて居りますか。

○齋藤省三君 皆控へてありますのですが、大變面倒になると思つて持つて参りませぬでしたが、鑄放しものの抗張試験片は一つの鋼片(第一圖A、B、D何れも同様)より36本を取りまして中心部より取つた試験片4本を棄てました、衝撃試験片は第一圖C鋼片より百本取りまして中心部より取つた16本を棄てました。

○鹽田泰介君 それは御捨てになつたのでありますが、テスト・ピースを御取りになつたゾーンの方でも宜し、碁盤の目の方の位置にても記しを付けて御出しになつたならと思ひます。

○野田鶴雄君 ちよつと伺ひますが、1200度といふ様な温度から灰の中に御入れになつて皆冷へ切る迄スロー・クーリングを御やりになつた様ですが、それを或クリティカル・ポイントを過ぎた所から油とか水とかに入れて云ふやうな試験はなさらなかつたのですか。

○齋藤省三君 それはやりませぬでした。

○野田鶴雄君 例へば500度とか600度とか云ふ様な温度で灰から取出して油或は水の中に入れて冷すと云ふやうなことは……………

○齋藤省三君 今度の實驗にはそれをやりませんでした、然し別にクリティカル・ポイント以下に達したとき空氣中で冷却をすると云ふことはやりましたが、此の場合材質にはあまり影響がありませんでした。

○野田鶴雄君 仕事の方から行くと時間を早くする爲には早く冷した方が早く品物が上がると云ふことですが……………

○齋藤省三君 さう云ふ譯です。

○野田鶴雄君 明治四十二三年頃から英國のハドフィールドでは既に二重クーリングをやつて居りました、或鋼鑄物に對しては底部が引出しになつて居る爐の中に入れて、約千度になつた時に爐底ごと引出し、空氣中に冷却します、此時は無論爐熱のラディエーションが無い様にしてあります、さふして品物が約500度になつた時に再び爐の中に入れる、爐のほとぼりがあるから餘り燃料を要しないで再び7—8百度に上げる事が出来て今度は爐中で緩冷し500度附近で又外に出して空氣冷しにします、此事は今申しました様に今から十四五年も前から實行して居りまして可なり大きなものに對してもやつて居ります、丁度其仕事と今の御實驗とは一致して居ると思ふのであります。

○齋藤省三君 私の方の会社でも大分前から實行して居りますが、其の作業がどれだけの効果があるかと云ふ数字のはつきりしたものが無かつたから、どれだけの差が生ずるか云ふ結果と其の理論とに就て實驗致しましたのが今晚申上げました事であります。

○依國一君 一つの實驗に付て三つづつ試料を御取りになつた、灰の中で冷ますと云ふやうな場合に屢々灰が雨上りで濡り氣を持つて居りますとかに依つて、随分其差があることと思ひます、それから三つやる場合に縁の方のサンプルと中の方のサンプルとはどの位違ふかと云ふのを伺ひ度い、即ち三つの結果の平均といふ其一つ一つの差はどう云ふことになりませうか、例へば5圖の一二三が随分違つて居りますが平均された一つ一つが夫以上に違ひはせぬか如何です。

○齋藤省三君 冷却による相違はあまり無いと考へて居ります、若し冷却速度に差がある場合は弾性限と抗張力に相違を起しますが此の點であまり相違が無い事から見て冷却速度の變化よりも寧ろインゴットの中央部であるか外側であるかに依つて大分違つたので重なる相違はそこから來たのであると思ひます、外側だけ取るとテスト・ピースが足りなくなるのでありまして、不得已外のゾーンと中のゾーンを取つて其の平均を取つたのでありますが、外のゾーンが2本、中のゾーンが1本或は中のゾーンが2本、外のゾーンが1本と云ふやうなものがありますと外のゾーンの試験片の多い方が幾分良い結果を興へるのであります、幸ひ内外2本づゝ4本の平均が取れたものもあります。

○河村驥君 斯う云ふ御研究になつた結果を職工に御示しになつて、さうして實際職工がそれを實用に用ひるに於て直ぐうまくやつて行くやうになりましたか。

○齋藤省三君 是は職工の方には示さないですが、役員の方の方には此結果を書いたものを皆廻しまして、斯うした方が宜いと云ふことを申しました、尙ほこちらへ參る前に毎週一回づゝある會社内の講演會で、斯う云ふ結果になるから、成るべく斯う云ふ工合に熟處理をした方が宜いと云ふやうなことを御話致しましたが、皆參考にしてやつて居るやうです、職工はまあ役員の命令通り仕事をやつて居るので、それを擔當して居ります社員の方に知つて戴けば可能なのです。

○川上義弘君 掲示されてありますアンニールリングのテムペレーチュアでございますが、1時間、2時間、3時間と書いてありますが、そこまで行つて1時間2時間と云ふことと思ひますがさうでありますか。

○齋藤省三君 其温度になつてから1時間2時間と云ふのであります。

○川上義弘君 それで伺ひますが、こちらの圖で、ダブル・アンニールリングの時は長時間かかつて居りましてセコンド・アンニールリングの時には30分て済まして居ります、是は何か其間に理由があるのぢやないかと思ひますが……

○齋藤省三君 是は最初の方は1時間2時間置いたのはデフュージョンを増す爲に長く置いたので、後の方は A_1 クリチカルポイントを下から上の方へ通過する時にクレーンが毀れるのですから A_1 點以上に長く保つ必要がないと存じまして斯の如く致したのであります。

○川上義弘君 それは矢張り今回の實驗で御決めになつたのですか、ずつと今までの内に此位ならデフュージョンが完全に行くだらう、此位ならクレーンが工合好く行くであらうと云ふやうなことがございましたか。

○齋藤省三君 是は A_1 點を加熱に依つて通過する時にクレーンが毀れると云ふことが既に實驗してあつたのと、又時間を長く置けばクレーンが發達すると云ふことは此の實驗を行ふ前に雑誌や書物から見た事を歸納して取つたのであります、又最低800度で軟化しましたが、鍛鍊材の場合は800度以下の温度で、もつと良い結果が出るだらうと思ふのでありまして七百七八十度位がもつと良いと思ふのでありますが、前申上げまし様に同一條件になる様な資料が不足ありまして其の點の實驗が出来ませんでした。

○鹽田泰介君 私の御尋したのは要領を得なかつたのでありますが、外のゾーンと中のゾーンとセンターも近き處とどう云ふ風に出たか、其内容を一二の例を御示しになつたらと云ふ意味で申上げたのです。

○齋藤省三君 實はインゴットの内外の變化に關するカーブも取つたのでありますが、中のゾーンは材料も餘り餘計ありませぬ、外側が四五十本、中間が20本、中心が10本位の平均として表はれるのでありますが、此の方面の事はインゴットの大小、形狀等に關係しますので此の方面の事は次に譲らうと思つて持つて來ませぬでした、大體中心は3割乃至5割位……延伸率、斷面收縮率で外側に劣ります。

○會長(川村駿君) もう御質問はございませぬですか……御質問がございませぬければ、一言御挨拶申上げます、鋼のトリートメントは鋼の實用上最も必要でありますことは申すまでもないこととございまして、違つた製法の鋼、又違つたコムポジションの鋼は勿論、同じ製法、同じコムポジションの鋼でも受ける所の處理に依つて機械的の性質が非常に違ふ、鋼のトリートメントと云ふものは今各國鐵鋼の學術界工業界で非常に重大な研究事項になつて居り、亞米利加あたりでは特別にアメリカンソサイティー・オブ・ヒート・トリートメントと云ふやうな學會も出來て居るやうな次第で誠に工業上重大なことであります、其ヒート・トリートメントの内のアンニールンクと云ふことに就て非常に精密なる御研究の結果を詳しく御發表下さいまして、非常に興味を以て伺ひました次第でございます。殊に齋藤博士は御遠路の所を御多用中わざわざ御繰合せ下さいまして、大阪から御出張下さつたのであります、尚ほ今夕御見えになつて居ります住友製鋼所の取締役の加藤榮君は齋藤博士の御出張に付て非常に御盡力下さいました、齋藤博士の非常に有益なる御講演に對して御禮を申述べますと同時に加藤君に對しまして深く感謝の意を表する次第であります、皆さんの御賛成を得まして拍手を以て御禮を申上げたいと思ひます。(一同拍手) (終)

一九二四年佛國製鐵狀況

(二月九日在里昂若くは領事代理)

一九二四年佛國鐵鋼生産は前年に比し著しき進展を示す、骸炭は從來より充分なりき、即ち一九一三年(單に舊佛國) 鉄鐵五、二〇七、〇〇〇噸、鋼四、六八六、〇〇〇噸より一九二三年鉄鐵五、二九九、五八六噸、鋼四、九七六、〇〇〇噸に至りたるが、一九二四年には鉄鐵七、六五一、九七二噸、鋼六、九〇六、五〇二噸に達せり、ローレーヌは本生産中重要な部分を占む一九二四年佛國製鐵狀況左の如し。

佛國製鐵爐狀況

運轉中の運轉し得べきもの	建設中又は後のもの	計		
1924年1月1日	123	51	43	219
2月1日	134	42	43	219
3月1日	134	42	43	219
4月1日	136	39	45	220
5月1日	136	39	45	220
6月1日	135	39	46	220
7月1日	135	37	48	220
8月1日	133	35	52	220
9月1日	133	37	50	220
10月1日	136	37	47	220
11月1日	135	38	47	220
12月1日	132	39	49	220
1925年1月1日	133	38	49	220

一九二四年佛國鐵鋼生産額 (單位噸)	
1924年計	7,651,972
1923年計	5,299,586
1913年計	5,207,000
一九二四年ローレーヌ鐵鋼生産額	
1924年計	2,980,344
1923年計	1,567,164