

チルドロール研究

(On the Properties of Chilled Roll)

(大正十五年十一月下旬八幡市に於て日本鐵鋼協會第二回講演大會講演前刷)

谷口 光 平

目

次

I 研究の要旨及び目的	a 硬度分布 b チルの深さの決定法
II 化學成分及び組織	c チルドロールの焼鈍
1 製鐵所使用製板用各種チルドロール化學成分及び成績	IV チルドロールに關する諸試験
2 チルドロール成分分布状態	1 膨張實驗
3 チルドロールの組織	2 機械試験
a 肉眼的研究 b 顯微鏡組織	3 高温度に於ける試験
4 白銑共晶の研究	V 缺陷
III 冷硬理論及び硬度	1 鑄造時の缺陷
1 冷硬理論	2 使用時の缺陷
2 硬度理論	3 折損原因
3 實際のロールに就いての硬度研究	VI 總括

I 研究の要旨及び目的

今日世界に於ける製鐵鋼業の發達は實に目覺ましく、年々產出せる鋼成品も夥しい量に上るが、之等の大部分は壓延作業に依つて製造され、その盛況は全く各種ロールの發明に貢ふ。従つてその改良進歩は目下の急務であり、その斯界に及ぼす影響も亦莫大である。今日にてはロールもその種類極めて多く、金屬壓延用のものゝみに就いても色々の分類法を見るが、その中材質に依るものゝみを示しても (a.) 鋼ロール (鑄鋼、鍛鋼焼入鋼)、(b.) 銑ロール (サンド、チルド、セミスチール、セミチルド) (c.) 合金ロールの如く分れ、之等は何れもその製法、成分及び性質を異にし、各々その特徴を有するから使用目的に従つて適當のものが選ばれるが、その中チルドロールは、熔銑を急冷して造るため表面の硬度極めて大きく、磨滅、衝擊に良く堪へて、ロール中最も重要な地位を占め、その使用される量も夥しい。然るに遺憾乍ら、今日までロールに就いての研究は餘り發表されてゐない。之はまだこの技術が發達の途上にあつて、世界各國で各々秘密にし、又その研究が製造、仕上、使用の各方面に亘らねばならぬため、多大の費用と日子を費して簡單に行かぬ爲である。従つてこのロールに就いては、その理論的研究も充分でなく、況んや作業上の技術に至つては幾多の改良すべき餘地がある。由來この種の問題は、獨り純理の研究、學說のみの興味に放任すべきものでなく、又徒に多年の經驗技術に安んずべきものでもない。雜然たる諸條件の複雑せる間に新學說の適否を確かめ、科學的立脚の下に、而も實地を放れず、堅實なる進路を取らねばならぬものと信ずる。

此處にはロール研究の第一歩とし、先ず實際のロールに就いてその基本的性質を知り、進んで將來の研究に資するため、各種の實驗、觀察を行つてその結果を述べんとす。若し些かなりともロールの本質を明らかにし、製造者、使用者の参考ともなれば幸とする所である。

II 化學成分及び組織

1 製鐵所使用製板用各種チルドロール化學成分及び成績

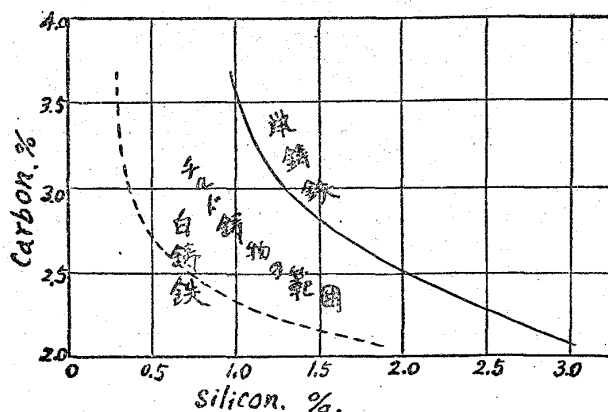
第一表 大正 14 年中に廢棄となりし製板用チルドロール化學成分及びその他の成績

第二表 第一表のロールを製品の種類別にせる平均と範圍

チルドロールの化學成分は難かしい。之は製造時同一熔銑で急冷部は硬い白銑となり、緩冷部は柔かいが比較的丈夫な鼠銑となるを要するため、その成分にも自ら制限が設けられる。

炭素及び硅素。鼠銑と白銑の構成に關する、炭素及び硅素の範圍は第一圖に依つて示される。(1)

第一圖 鼠銑及び白銑構成に關する
炭素及び硅素量の關係圖



ロールの平均成分を此圖に求めると、白鑄鐵の部に屬し、一般チルド鑄物の範圍域内の中央左端部に相當し、普通冷却なれば當然白鑄鐵を生ずるが、ロールはその形状の大なるため、内部は極めて緩冷して、強靱なるパーライト鑄物を構成する。滿俺——或程度迄は至つて好ましき元素である、併しロールに滿俺を多くすべきか否かは製造方法の如何にも依り、説の分れる所で未だ一定しない。

磷——ロールに於ては 0.5% に達して、硅素滿俺に比し少しもその量に於て劣らない。材質

には概して悪い影響を與へるが、熔銑の流れを良くし、收縮量を減ずるため特に使用する。

硫黃——少量程良い。併し鋼と異なり、銑鑄物は元來黑鉛、磷等に依つて基地の聯絡を絶たれてゐるからその影響は鋼に於ける程著しく無く、0.1% 迄位ならばさほど懼るゝに足らないことが知られてきた。事實上表中にも相當多量の硫黃を含んだものもあるが、之等が常に著しく成績不良であるとは限らない。

銅——分析表中には出てゐないが、原料銑の都合上、製鐵所製ロールには比較的多い。そのロールに及ぼす影響は未だ明らかでない。

其他——クロム、ニッケル、チタン等はその影響が相當著しい様であるが、ロールに就いてはまだ充分明瞭でない。

瓦斯——ロール中には以上の外にも酸素、水素、窒素、酸化炭素、炭酸瓦斯、炭化水素等の瓦斯が含まれるが、今日の學術の程度では、充分なる分析結果をも示し得ぬため、その影響も委しく調べられない

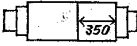
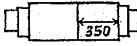
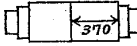
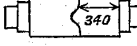
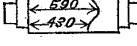
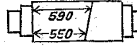
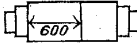
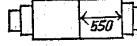
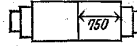
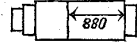
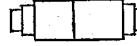
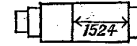
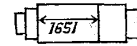
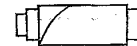
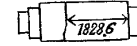
第一表 製板用チルドロール

(外國より輸入のものは多く成分不明)

種 別	製 造 所	ロール寸法(折損時 M/M)			化 學 成 分				
		$L_{M/M}$	$D_{M/M}$	$N_{M/M}$	C	Si	Mn	P	S
鉄力熱板ロール	本所 I-1039	730	645.3	508	3.03	0.730	0.680	0.550	0.055
"	帝鑄	"	647.3	"	3.27	0.710	0.480	0.470	0.050
"	獨逸 Achenbach	"	644.2	"	—	—	—	—	—
"	" Gontermann	"	649.2	"	2.78	0.750	0.520	0.482	0.130
"	" Concordia	"	649.6	"	2.78	0.886	0.570	0.570	0.088
"	以下 69 箇省略								
以上 74 箇平均					3.07	0.550	0.577	0.490	0.055
硅素鋼板仕上ロール	本所 I-932	1100	656.5	500	3.38	1.170	0.560	0.614	0.056
"	帝鑄 R-210	"	697.2	535	2.81	0.680	0.250	0.520	0.040
"	獨乙 Achenbach	"	619.6	500	2.70	0.531	0.730	0.266	0.103
"	以下 27 箇省略								
以上 30 箇平均					2.93	0.594	0.447	0.495	0.039
鍛鋼板ロール	本所 E.A-44	1500	697.5	504	3.61	0.590	0.710	0.543	0.024
"	獨乙 Achenbach G-4178	"	692.0	503	—	—	—	—	—
"	" Gontermann	"	693.5	504	—	—	—	—	—
"	以下 1 箇省略								
以上 4 箇平均					3.45	0.590	0.695	0.560	0.030
第一厚板中ロール	本所 I-117	2794	496.5	355.6	3.02	0.420	0.560	0.759	0.059
"	帝鑄 5C-392	"	512.5	"	3.38	0.380	0.900	0.510	0.030
第一厚板上下段ロール	米國 Mesta	2794	833.4	584.2	—	—	—	—	—
第一厚板中ロール	獨乙 Gontermann	"	499.2	355.6	—	—	—	—	—
"	" Peiper's	"	487.4	"	—	—	—	—	—
"	以下 6 箇省略								
以上 11 箇平均					3.12	0.483	0.630	0.547	0.044
第二厚板仕上ロール	本所	3937	1120.0		3.13	0.500	0.630	0.487	0.049
"	米國 A.G.F.Co.	"	"		—	—	—	—	—
"	以下 1 箇省略				—	—	—	—	—

化學成分及び成績

なれど比較のためその使用成績を示す)

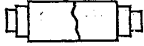
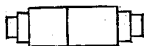
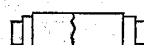
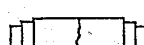
旋 削 回 數	旋 削 深さ M/M	「チル」の 深さ折損 時(M/M)	働延時間	壓延吨數	折 損 箇 所	折 損 原 因
14	8.85	10	570.45	409.247		過壓
13	8.65	"	515.00	358.407		運轉中止、過壓
"	6.85	"	471.50	337.994		過壓
10	5.00	17~20	376.05	276.585		材料熱不足及過壓
9	6.20		429.10	278.324		過壓
6.23	4.23	20.11	255.82	175.068		
6	4.25	15~25	637.00	486.631		運轉中止
15	8.90	10	1165.00	979.181		ロール過熱
16	18.50		2013.05	1,483.019		不明
6	4.42	21.00	495.55	420.444		
6	4.00		134.00	126.577		古疵
9	"	5.00	477.20	451.316		不明
12	4.75		816.40	878.936		運轉中止
10	4.75	5.00	709.46	642.690		
8	9.25		244.00	4,669.030		材質不良及過壓
0	0.25		14.50	253.460		材質不良
20	14.30		2305.15	29,959.490		古疵
7	4.90		214.40	2,669.260		衝撃
8	8.30		307.35	3,679.110		材質不良
6.1	5.62		390.35	5,215.645		
1	4.40		384.00	7,673.000		古疵
4	6.00		2384.00	46,514.000		"

第一 表 續き

種 別	製 造 所	ロール寸法(折損時 M/M)			化 學 成 分				
		$L_{M/M}$	$D_{M/M}$	$N_{M/M}$	C	Si	Mn	P	S
以上 3 箇平均					3.27	0.540	0.610	0.514	0.047
薄板仕上ロール	本所 I-1194		698.0		2.78	0.700	0.710	0.443	0.067
"	獨乙 Gontermann PV		685.5		—	—	—	—	—
"	" Peiper's E.A.—48		685.0		—	—	—	—	—
"	" Achenbach		681.0		—	—	—	—	—
"	以下 10 箇省略								
以上 14 箇平均					3.02	0.671	0.663	0.536	0.051
波板仕上ロール	本所 I-1113		690.		2.97	0.710	0.640	0.587	0.042
"	帝鑄 □—131 G—3963		"		2.92	0.490	0.620	0.500	0.030
"	獨逸 Gontermann E.A.—32		688.		—	—	—	—	—
"	" Achenbach		683.		—	—	—	—	—
"	以下 17 箇省略								
以上 21 箇平均					3.04	0.573	0.657	0.519	0.036

第二 表 製板用チルドロール 化學

種 別	平均 箇數	化 學 成 分				
		C	Si	Mn	P	S
鉄力熱板ロール	74	3.07	0.550	0.577	0.490	0.055
同上範圍		3.75 ~ 2.70	0.886 ~ 0.190	1.200 ~ 0.240	0.650 ~ 0.323	0.174 ~ 0.020
硅素鋼板仕上ロール	30	2.93	0.594	0.447	0.495	0.039
同上範圍		3.45 ~ 2.70	1.330 ~ 0.310	0.900 ~ 0.200	0.614 ~ 0.300	0.103 ~ 0.020
鍛鋼板ロール	4	3.45	0.590	0.695	0.560	0.030
同上範圍		3.64 ~ 3.25	0.590 ~ 0.590	0.710 ~ 0.680	0.543 ~ 0.517	0.035 ~ 0.024
第一厚板ロール	11	3.12	0.483	0.630	0.547	0.044
同上範圍		3.38 ~ 2.85	0.590 ~ 0.380	0.700 ~ 0.430	0.759 ~ 0.454	0.063 ~ 0.030
第二厚板仕上ロール	3	3.27	0.540	0.610	0.514	0.047
同上範圍		3.40 ~ 3.30	0.580 ~ 0.500	0.630 ~ 0.590	0.540 ~ 0.487	0.049 ~ 0.045
薄板仕上ロール	14	3.02	0.671	0.663	0.536	0.051
同上範圍		3.25 ~ 2.78	0.500 ~ 0.520	0.740 ~ 0.580	0.630 ~ 0.381	0.067 ~ 0.034
波板仕上ロール	21	3.04	0.573	0.657	0.519	0.036
同上範圍		3.27 ~ 2.84	0.710 ~ 0.460	0.800 ~ 0.500	0.590 ~ 0.376	0.045 ~ 0.030
全體の平均	157	3.13	0.571	0.611	0.532	0.043

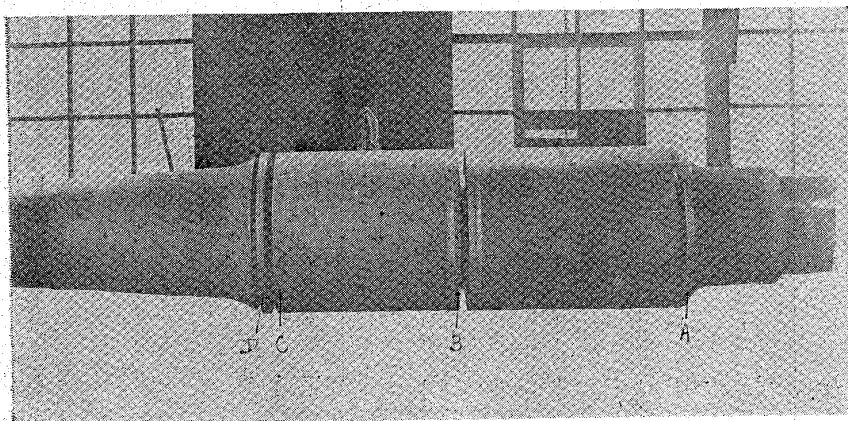
旋 削 回 数	旋 削 深サ M/M	「チル」の 深さ折損 時(M/M)	働延時間	壓延吨数	折 損 箇 所	折 損 原 因
2	3.47		956.33	18,678.666		
7	3.50		842.000	4,586.000		ロール過熱
17	9.00		1,780.000	6,747.979		不明
16	7.00		1,889.00	6,479.000		ロール過熱
10	〃		1,504.00	5,765.678		〃
6.28	4.57		790.65	3,219.172		
13	8.00		1,343.00	996.000		ロール過熱
17	11.50		1,736.00	1,549.000		〃
10	6.50		936.00	686.000		〃
12	9.50		1,884.00	1,880.000		過壓
9	5.6		955.33	812.101		

成分及び成績 平均と範圍

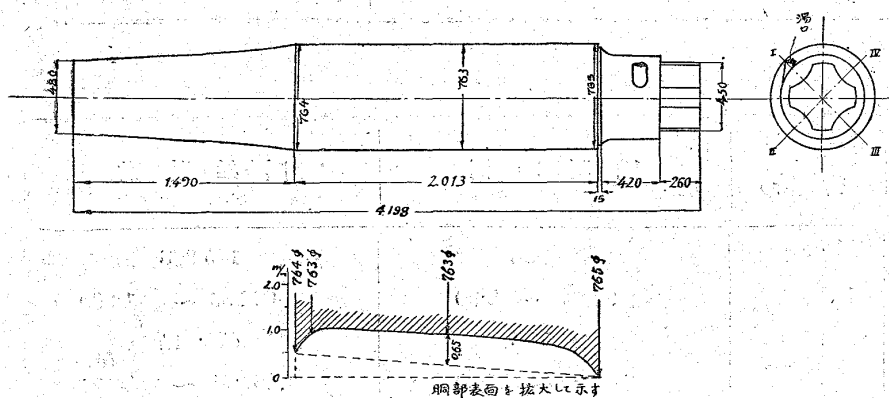
旋削回数	旋削深さ M/M	「チル」の 深さ (折損時) M/M	働 延 時 間	壓 延 吨 数
6.23	4.23	20.1	255.82	175.068
23~1	13.35~0	125~2	967.00~ 5.00	632.839~ 1.900
6.00	4.42	21.0	495.55	420.444
16~1	18.50~0.05	45~10	2,013.05~ 55.00	1,483.019~ 35.111
10.00	4.75	5.0	709.46	642.590
16~3	8.00~4.00	5.0	1,410.25~134.00	1,113.533~ 126.577
6.10	5.02	不明	390.35	5,215.645
20~0	14.30~0.25		2,305.15~ 0.30	29,959.490~4.050
2.00	3.47	不明	956.33	1,8678.666
4.0~1.0	6.00~0.0		2,384.00~101.00	46,514.000~1849.000
6.28	4.57	不明	790.65	3,219.172
16~1	9.00~0.75		1,889.00~ 7.00	6,747.979~ 33.000
9.00	5.60	不明	955.33	812.101
18~1	15.50~0		2,190.00~ 58.00	2,038.000~ 45.600
6.52	4.72	15.4	650.50	4,166.211

注意 1——ロール製造に際しては、先その化學成分を第一の頼りとして原料を配合する。併し今日の所では鉄鐵中の瓦斯の如きものには分析法もまだ完全でなく、従つて成品となつたロールの化學成分は同一でも、原料鉄其の他の狀況の異なるに従つて、ロールの性質が異なつてくる様な現象が屢起る。例へば木炭鉄を使用すれば強靱なるロールが得られるが、骸炭鉄のみでは中々上等の品は出来難い。又或種の木炭鉄は成品に縦割れが入り易く、或種のものは鑄造が極めて容易である、等の事實があつて、目下の狀況では、分析結果は只一つの参考となるのみで、絶對の信頼は置けない。

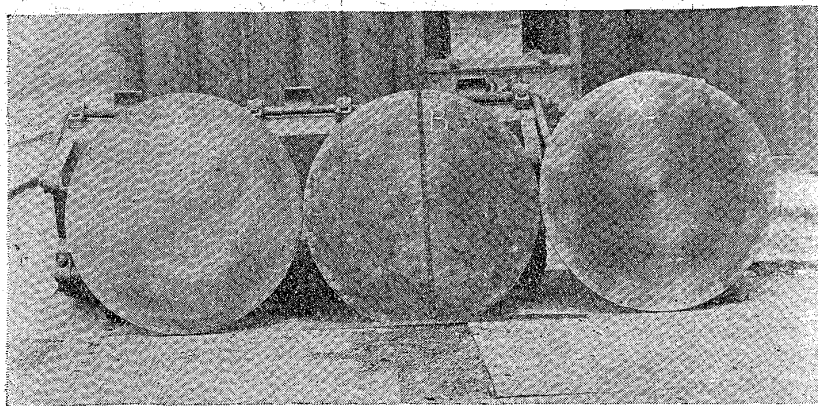
第二圖 供試體 中板 チルドロール



第三圖 試験に供せる中板チルドロール寸法



第四圖 チルドロール切斷圓板

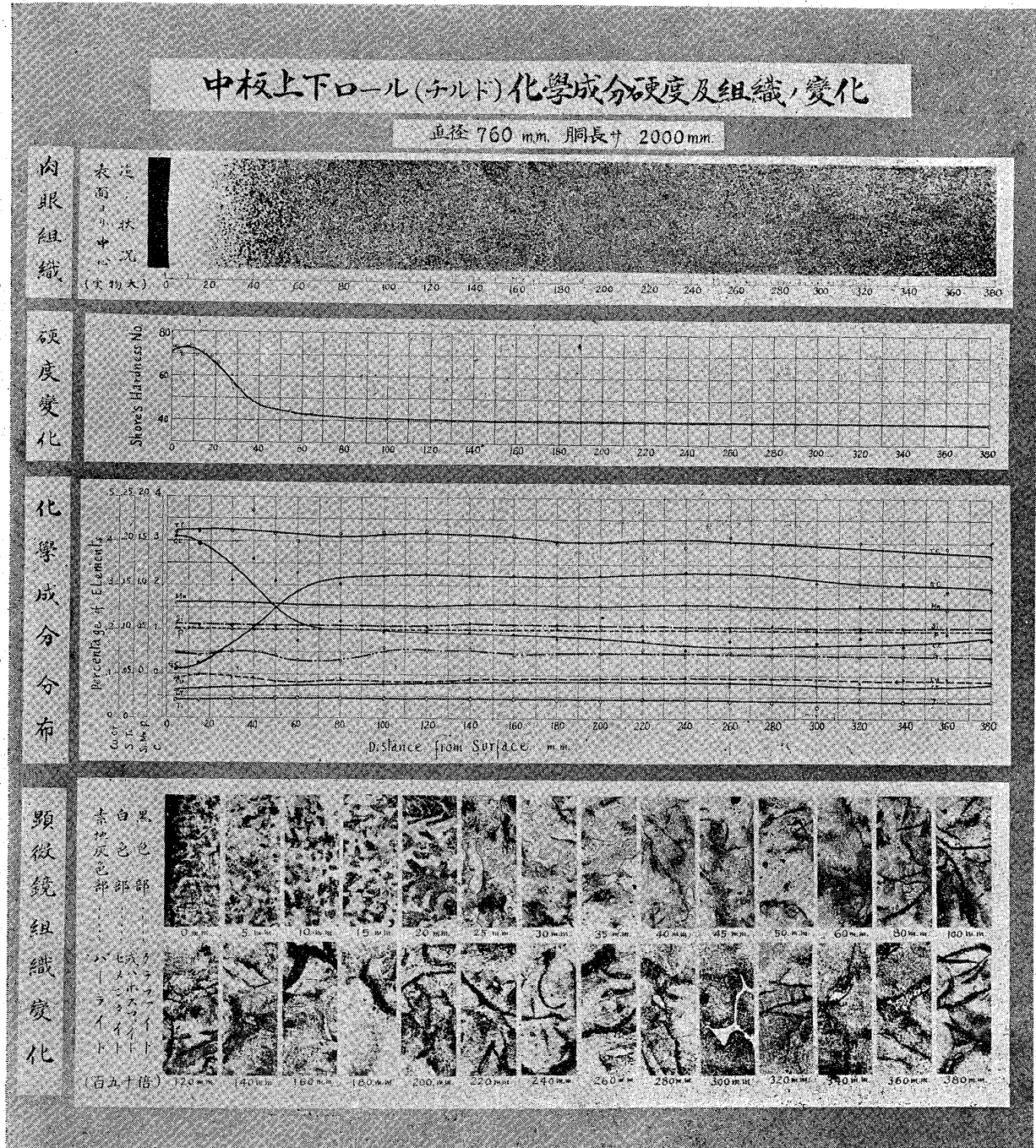


注意 2——ロール使用成績の良否は、大略働延總時間と壓延總廻數に依る。併し特殊のものについては、壓延成品の表面の性質良好なることが必要で、之に用ふるロールとしては、多少折れ易くても表面の極めて硬いのを選び、壽命許り徒に長くても、表面が柔かくて、不良の成品を得るものは好まない。

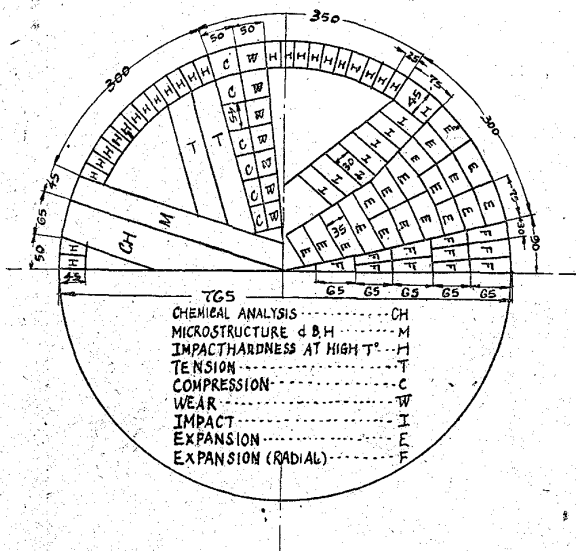
2 チルドロール成分分布状態

供試體——中板上下ロール——大正 15 年 3 月 25 日製鐵所堂山鑄造工場製造反射爐 No.2 裝入 12 匁。鑄込溫度初 1,280°C 終 1,275°C 鑄放しのまゝ
全景第二圖 寸法第三圖 (下圖は胴部上中下の直徑の相違を擴大して示す)

第六圖



第五圖 切斷圓板より各種試験片採取圖



之より第二圖、第四圖に示した如く、ロール胴部上中下より ABCD の圓板を削り取り、更にこの各各から第五圖の如く全面に亘つて多數の各種試験材を採つて、その性質を調べた。第六圖には胴底部より採取せる A 圓板についての肉眼組織、硬度、成分、顯微鏡寫眞を並列して示す。

成分分布状態——全炭素。内外殆んど一樣。

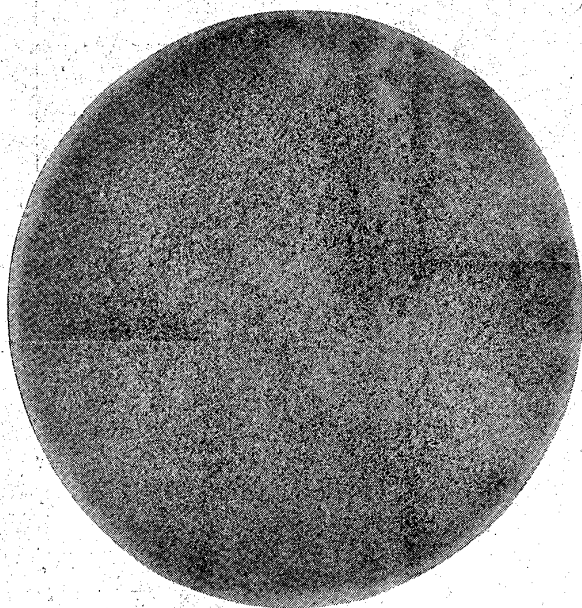
化合炭素。炭素は表面に於て殆んどこの形をとり、内部に入るに従つて急減し、然も 60 m.m 以内は殆んど一樣に分布す、硬度曲線も略之と平行す。

黒鉛炭素。表面には殆んどなく、内部に向つて急増し、化合炭素と反對の分布を示し、時に内部程その量を増すが如き現象を見ない。

燐。硫黄。多少の不同はあるが、著しい偏析がない。之鋼ロールと著しく異なる所で、その理由としては、チルドロールは鑄鐵製のため、熔解點低く(約 $1,200^{\circ}\text{C}$)

燐化物(燐—鐵—炭素三元共晶 953°C)硫化鐵(FeS $1,193^{\circ}\text{C}$)等の熔解點との溫度差が比較的少ない爲である。

第七圖 チルドロール胴下部(A部) サルファープリント



第七圖には全面に亘るサルファープリントを示したが、之に依つても同様のことが知られる。

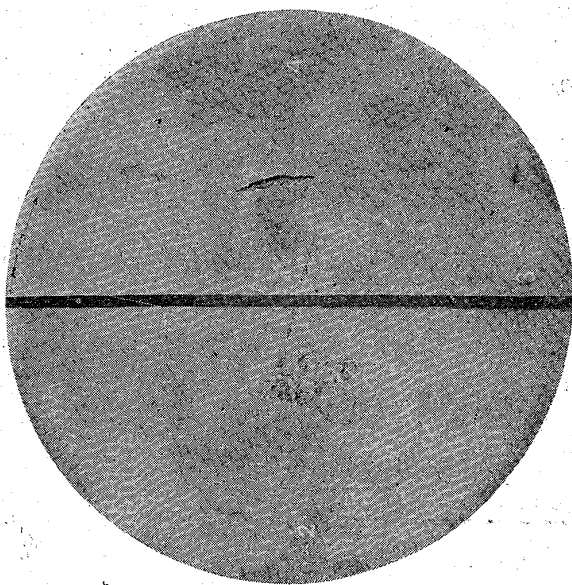
硅素。滿俺。銅。チタン。クロム。内外殆んど一樣。要するに本供試體については各元素共、ロール内外で、著しい不同を見出さない。猶本ロール以外多くの鑄鐵製の大形及び小形ロールに就いて同様のことを調べた結果は多少の不同の有るものも見たがその傾向が一定せず先ず大差なしと云へる程度であつた。

3 チルドロールの組織

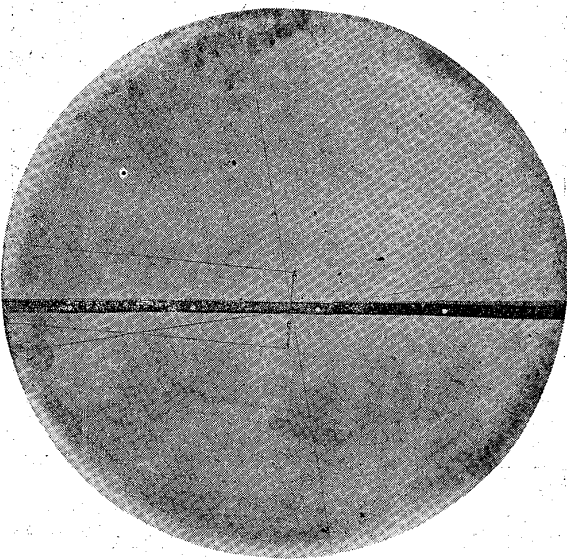
a 肉眼的研究

- 破面觀察。1° 外周部一定の幅……白色の冷硬組織
- 2° 内部……一様の鼠色組織
- 3° 前二部の境界……白色の地に鼠色の斑點

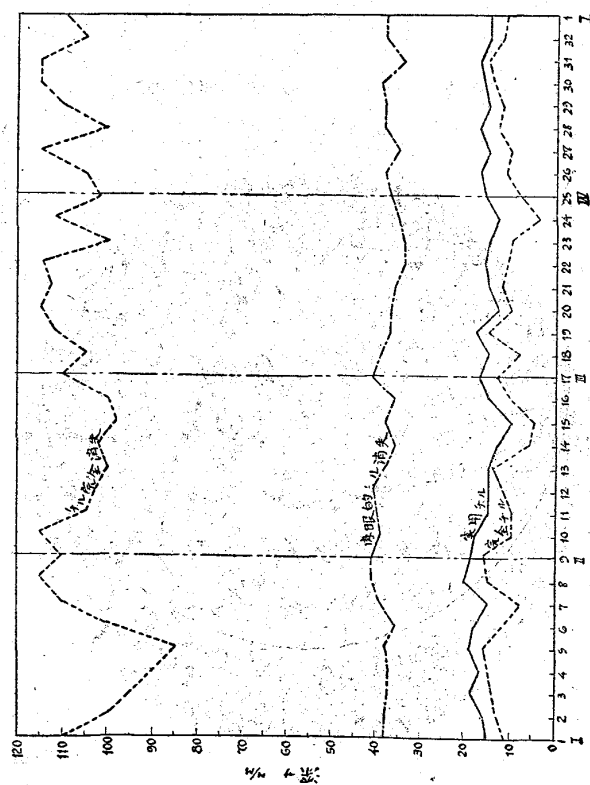
第十圖 チルドロール胴中部 肉眼組織 (中央部の瑕は圖板採取時に出來たものなり)



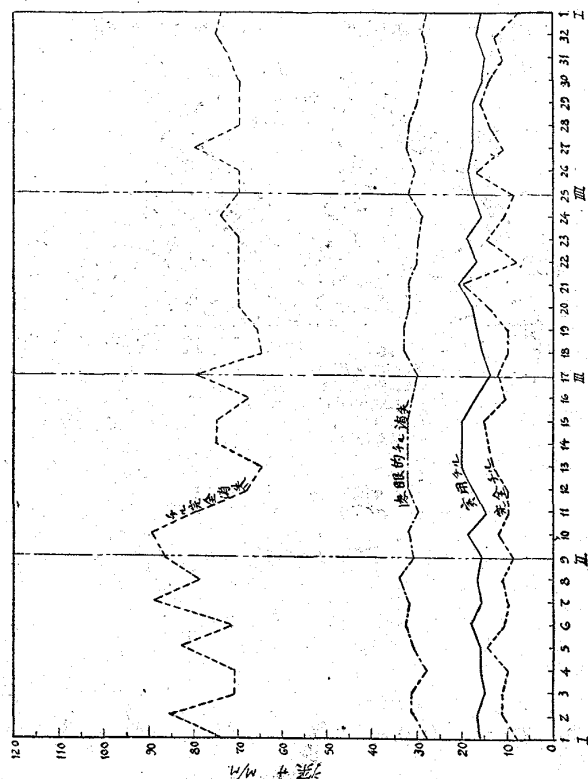
第八圖 チルドロール胴下部 肉眼組織



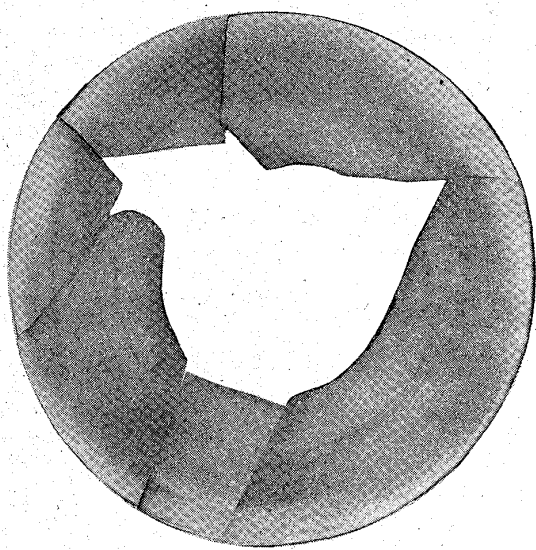
第十一圖 チルドロール胴の中部(B)チル深さの測定圖



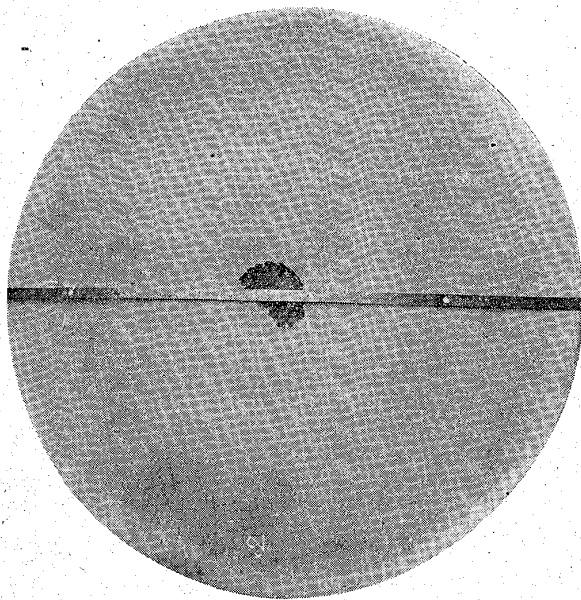
第九圖 チルドロール胴の下部(A)チル深さの測定圖



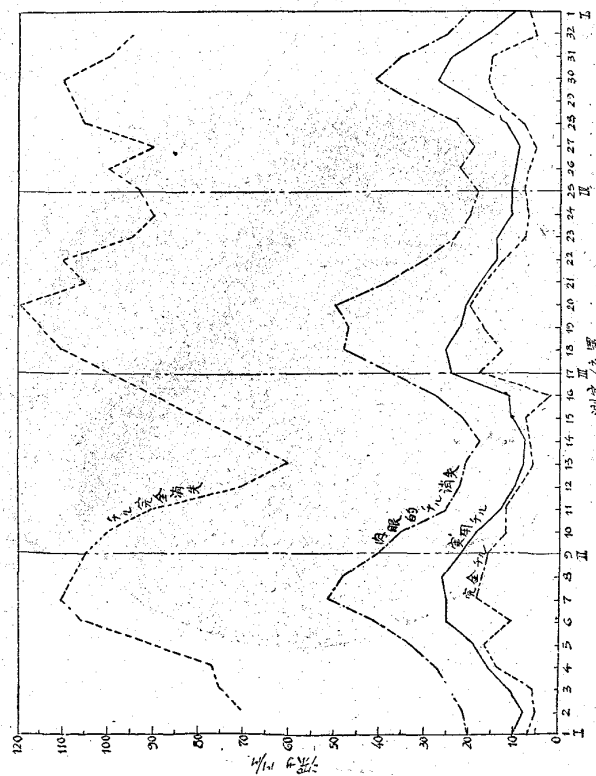
第十四圖 チルドロール胴最上部 肉眼組織
(圓板破砕せり)



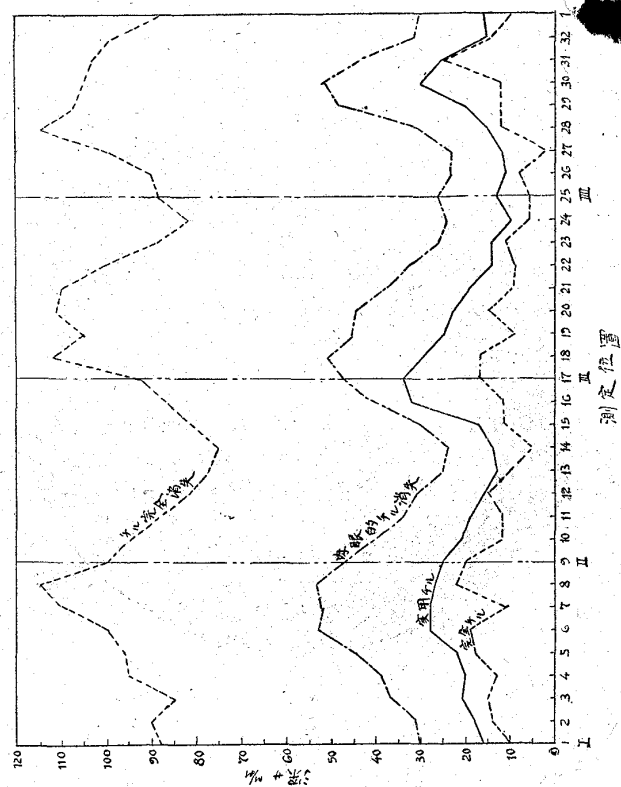
第十二圖 チルドロール胴上部 肉眼組織
(中央部の瑕は圓板採取時出來たるものにて收縮管に非ず)



第十五圖 チルドロール胴の最上部(D下面)チル深さの測定圖

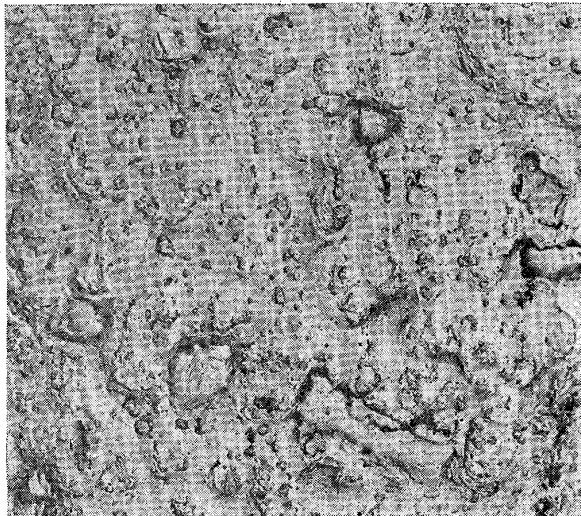


第十三圖 チルドロール胴上部(C)チル深さの測定圖



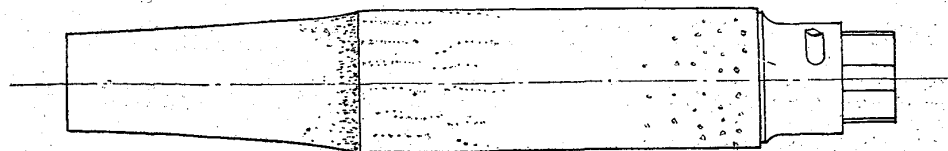
1° 及び 2° の割合と 3° の状態が重要であり、ロールの使用目的に依つて多少異なる。本ロールでは、
 硬組織部の幅は半径の約 4% に當る、多くの折損ロールに就いて観察すると、この 1° の白帯部が
 一様でなく、楕圓その他の不規則の形をなす場合が相當多く、その原因は常識で想像する所と大いに
 異なつて、まだ不明である。⁽²⁾ 本ロールに就いても ABCD の圓板の下面を、それぞれマクロエツチン
 グ(15% H_2SO_4 に 30 分浸す)してそのチルの状態を調べた、その結果は第八、十、十二、十四、圖
 の寫眞の如くで、それについてチルの深さを嚴密に測つた結果は第九、十一、十三、十五圖の如くな
 つた。之に依れば、ロール胴下部及び中部に於ては、チル白帯部の幅は殆んど一樣に出来てゐるが、上
 部に至ては非常な變化があつて、最廣部は最狹部の 2 倍以上の幅がある。(圖に於ては第三圖に示す如
 く、湯口部を I とし、之より湯の廻轉の方向を 90° 毎に II III IV とつた)従つて實際の工場に
 於て、成品となつたロールのチルの厚みを検査するときにも、只僅かに兩端部を旋削して見得るのみ
 であるから、他の部の状態は全くわからなかつたが、之に依つて實際に使はれる面の部分のチルの厚
 味は、兩端とは多少趣を異にすることが知られた。

第十六圖 鑄放しロール表面に現はれる痘面



表面觀察。鑄放しのチルドロールの表面には、第
 十六圖の如き痘面が存在し、鑄込温度の高い程著し
 く、その部の内部は、反つて良好のチルの状態を示
 す。鑄造後鑄型をとり去り、頸部の土を拂ひ去つた
 時の、ロールの表面の状態を示すと第十七圖の如く
 で、痘面はロールの下腹表面に多く、上部程減じて
 次第に肌が滑らかとなり、中央部より上方に至つて
 は、更に別種の粟粒狀細粒の集團を見出すが、之は
 縦に列をなして並び、この部分の内部には往々にし
 て氣泡を藏し、且つこの部の表面は丸味を失つて、
 平面に近く、鑄造時の縦割れは屢この部に生ずる。

第十七圖 鑄放しロール表面見取圖

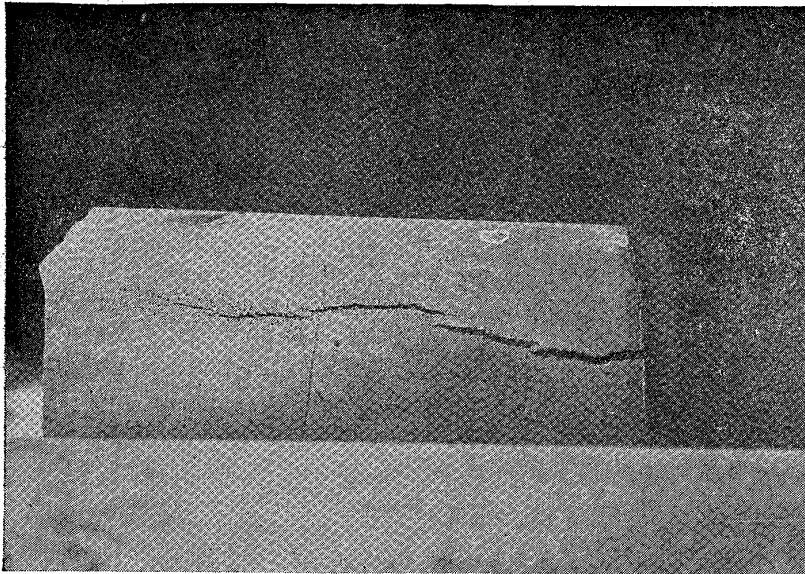


第十八圖にはその實例を示した。猶胴部に接する上頸部に於ては、稍々方形の雨滴狀の鱗球を無數に
 生じ、收縮の際熔解點の低い磷化物が押し出されたことを示す。

b 顯微鏡組織

第六圖の上部肉眼組織及び下部顯微鏡組織参照。

第十八圖 ロール縦割



白色冷硬部…共晶セメンタイト、パーライト、プロユーテクトイドセメンタイト、燐化物、硫化物。

鼠色斑點を交へたる部…共晶セメンタイト。パーライト、プロユーテクトイドセメンタイト、燐化物、硫化物、黒鉛。

鼠色部…パーライト、黒鉛、燐化物、硫化物

炭素——白色冷硬部は状態圖か

らは、主にパーライトと共晶レデブライトから成る筈であるが、事實は所謂簾狀又は蜂窩狀の共晶形は現はれず、セメンタイトは特別の形をとる。又表面は何れも結晶形細かく内部程粗い。パーライトは表面に近い所は層狀をなし、内部程粒狀になる。斑鉄部では、セメンタイトの量が急減して、パーライトが多數集合し、その中に黒鉛を生じて、内部に向つて次第に黒鉛量を増し、セメンタイトは遂に全く消失する。以後黒鉛は多少はその形が大きくなるが大差無く、組織は中心まで完全なるパーライト鑄物を構成する。之に依つて見れば、チルドロールに於てはセメンタイトと黒鉛は相連續して存することなく、黒鉛は必ずパーライト中から發生し、同時にパーライトの周圍のセメンタイトが減少する。即ち熔鉄より冷却の中途に際しての、黒鉛機構の説明としては、黒鉛發生の原理を、セメンタイトと黒鉛のオーステナイトに對する熔解度の差に歸し、不完全のセメンタイトは安全の黒鉛より餘計にオーステナイト中に溶解するため、遂に黒鉛に過飽和となつて、直接黒鉛がオーステナイト中から析出したと説く Howe 氏の學説が、このチルドロールの黒鉛化に對しては、都合の良いことが知られた。猶最近 X 線的研究に依つてオーステナイトは鐵とセメンタイトの固溶體でなく、鐵と炭素との固溶體であることがわかつて來たのは、上述の説明を一層有力となすものである。ロール内部の組織としては、黒鉛の更に細かい、所謂菊目組織を出させることが肝要で、この爲には共晶黒鉛を成るべく多く出させるのが最も便利であつて、冷却速度に依ることは作業上困難である。特別の金型を用ひ、激しき急冷を避けて、その代り滿俺を著しく増加させるのも一つの方法である。

硅素——0.5% 内外のためフェライト中に固溶體として溶け込み、シリコフェライトを形成するが、このためフェライトの形には何等の變化を與へない。この元素は、或量までは融鐵の脱酸作用をなし、流動性を増し、收縮量を減じ、黒鉛化を速進する。

滿俺——鐵中に於ては炭素と化合して Mn_3C を作り、之は又セメンタイトと固溶體を作り、之が通常のセメンタイトより分解し難く、爲に鑄鐵の黒鉛化を邪げる。然もこの組織は檢鏡に依つては普

通のセメンタイトと區別し難い。又滿俺の一部は固溶體となつて、フェライト中にも溶解するが、之も識別し難い。只硫黄の存在するときには、之と化合して硫化滿俺を作り、熔融し難く、浮遊して脱硫作用をなす。又滿俺の入つたパーライトはその硬度著しく高い。

磷——鉄鐵中の磷は鐵—炭素—磷の三元共晶として 953°C で固化して現はれることは既に良く知られてゐる。チル部では Fe_3C , Fe_3P , 含磷フェライトの三者よりなるが、内部鼠鐵部ではこの中の Fe_3C が消失して、所謂ステツダイトと稱する、含磷フェライトの地と Fe_3P の斑點からなり、第六圖下部寫真中角張つた白色多角形中に斑點を交へるものがそれである。ロール材には特に磷が多く、その影響としては熔融點の低下、熔鉄流動性の増加、收縮率減少等が利益で、耐火性激減、脆性、不純物偏析増加等が悪い。

硫黄——硫化鐵(FeS)硫化滿俺(MnS)又は之等の複化合物として點在するが、硫化鐵が最も悪い。硫黄は融鉄の流動性を害し、收縮量を増し、氣孔を多くして、成品を硬く且脆くする。

銅——固溶體として鐵中に溶け込んでゐるため、組織には現はれない。鑄鐵では 0.1% 以上になると、溫度急變に對する抵抗力を弱め、湯の流動性を害すと稱される。

チタン・フロム——量が少ないので組織には何等影響がない。併しその影響が著しいため、將來大いに研究すべき元素である。

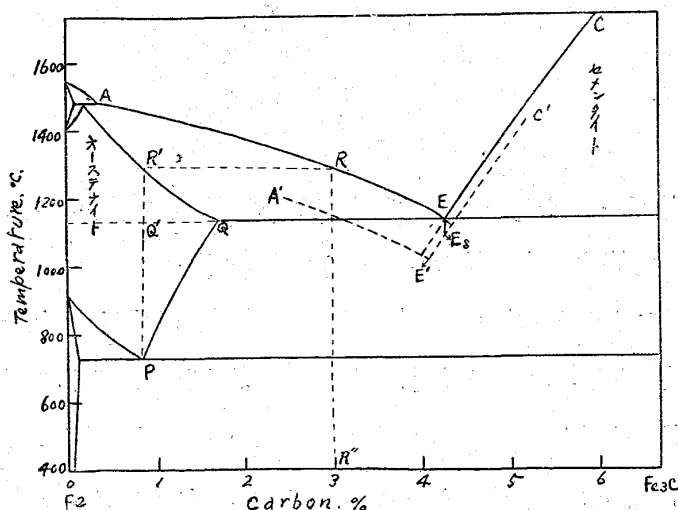
4 白鉄共晶の研究

チルドロールの冷硬部は、主としてパーライトと共晶より成るべきであるが、事實は簾狀若しくは蜂窩狀の共晶がなく、パーライトと純粹の特殊セメンタイトのみより成り狀態圖に合はない。之に就いては、嘗つて、過冷却現象と初晶結晶の影響の二つの原因を推理したが、此處には更に進んで實驗を行ひ、その何れが眞なるかを確かめた。金屬の共晶に關する研究としては、既に R. Vogel, Rosenhain 及び Tucker, Benedicks, L. Brady, W. Guertler, Portvin 等の諸大家の研究があり、我國でも

先年濱住博士が非鐵金屬に就いての2—3の研究を公にされた⁽³⁾。今之等の研究に依つて確かめられた事柄を基とし、チルドロールの白鉄共晶に對して、次の如き理論的考察を廻らした。

白鉄共晶を組成するオーステナイトとセメンタイトの中、前者は過冷し易いが、後者は過冷し難い。この事實に基き、第十九圖を畫き、AE 及び CE を各とオーステナイトとセメンタイトの初晶線、A'E' 及び C'E' をその過冷線とする。今非常なる急冷に依つ

第十九圖 鐵炭素狀態圖



(圖面の繁雜を避くるため黒鉛線を假に省く)

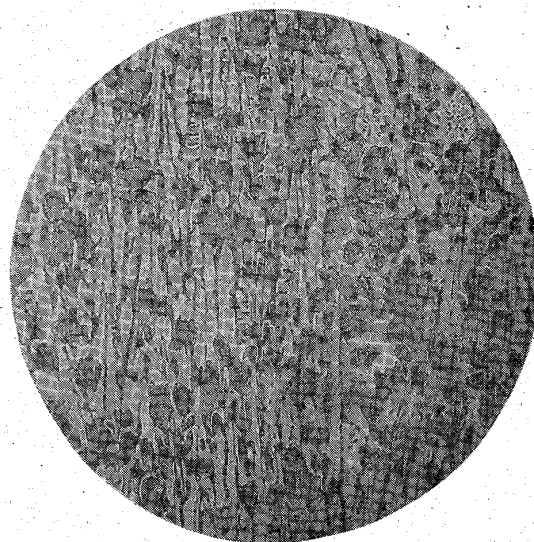
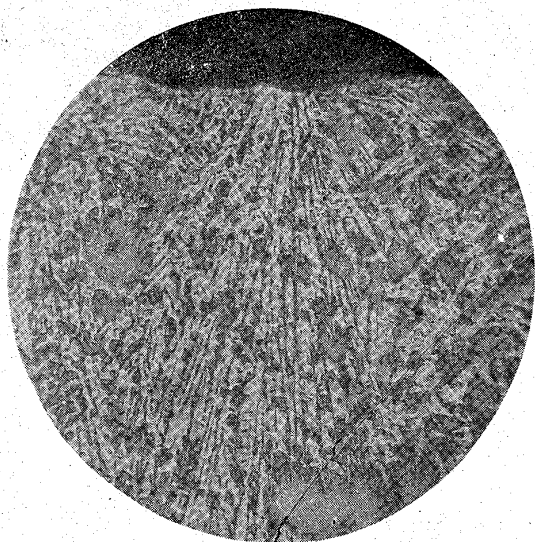
て、之等が過冷現象を呈する場合について考へると、次の様になる。

- (1) $C > 4.3\%$ 初晶セメンタイト晶出後の共晶は、 E' となり正規の共晶 E より炭素量少なく、従つて共晶中のオーステナイトの割合が多くなる。
- (2) $C = 4.3\%$ オーステナイトは $A'E'$ 線、セメンタイトは $C'E'$ 線に従ふ。故に EsE' 間に晶出する初晶セメンタイトと、 E' に相當する共晶を生ず。
- (3) $C < 4.3\%$ 初晶オーステナイト晶出後 E' なる成分の共晶が出る。

之に依つて共晶成分のものも、急冷すれば過冷却現象を起して、少量の初晶セメンタイトが現はれ得るが、それと同時にそのときの共晶は、過冷の度に應じて、その成分が變つてくる。又炭素量が E' 以下の亞共晶成分のものは、如何に急冷しても初晶セメンタイトは現はれない。チルドロールは $C = 3\%$ により(3)に相當し、 E' 點がロールの成分を示す RR'' 線に交らぬ限り、初晶セメンタイトは晶出しない。尤も實際のロールには炭素以外に硅素、磷等があつて、そのため共晶點が多少左方へ移動するが、それにしても RR'' 線には遙かに遠く、又他方セメンタイトの初晶線が RR'' に交はる程、オーステナイトの固相線が低下しないことは、チルドロールの冷却曲線に依つて、明らかであるから、成分に著しい不同のない限り、チルドロールには初晶セメンタイトは現はれない。然らば第二十圖 a

第二十圖 小形チルドロール組織 a 表面

b 稍々内方



及びbに示さるゝ如き、チルドロール特有の共晶パーライトの小斑點を交へない、針狀の特殊セメンタイトは如何にして生じたか。種々研究の結果、之等は全く共晶セメンタイトの變形したもので、その原因は初晶オーステナイト晶出時の影響であることが知られた。實驗の結果炭素量が 3.5% 以上で共晶成分に近いものは、如何に急冷しても、依然として蜂窩狀の共晶を示すが、(第二十二、二十三圖参照) 3% になると、初晶オーステナイトの影響が急増し、共晶中のオーステナイトは初晶に合して、獨り純粹のセメンタイトが残され、オーステナイトが冷却の方向に細長くなるため、セメンタイトもそれに連れて針狀に近くなり、然もその結晶速度が大なるため、著しく針狀を呈して、一見初晶セメ

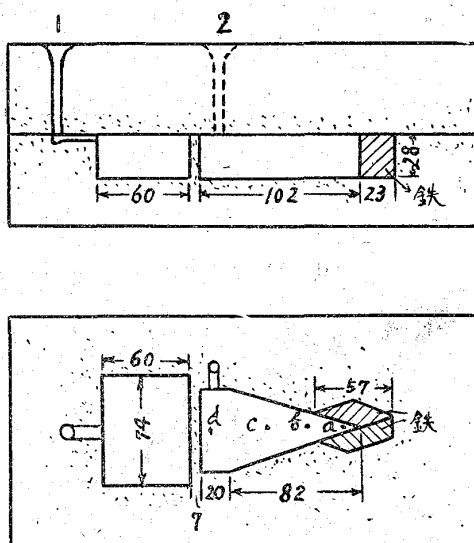
ンタイトに似た形をとるに至る。(第二十、二十四圖参照)炭素量減するに従つて、初晶オーステナイトの量は益々増加し、従つてその影響も更に大となり炭素 2.5% 内外に至つては、蜂窩状の共晶は全く見られず、セメンタイトは全體一樣の白色を呈して、オーステナイトの結晶粒子間に介在する。(第二十五圖参照)猶炭素が 1.7% に近づけばこの現象は益々著しい。

注意。極めて急冷した場合のオーステナイトに就いて考へると、R'Q なる固相線に沿つて變化する暇がなく、そのまゝ R'Q' の如く、炭素に不飽和の状態で冷却し、従つて同一成分の正規のものより

も、一時共晶の量が増す如く考へられるが、之も更に冷却すれば QP 線に出會ひ、そのためロールの如くパーライト組織のものは何等影響を蒙らない。

實驗。共晶についての以上の理論を證するため、第二十一圖の如く焼型を用ひ、先端に冷硬用金型を當て、三角形の小形試料を澤山作つた。1. の湯口より先づ熔銑を注いで三角の底面を豫熱し、次に 2. の湯口から試料の湯を注いだ。之に依つて鑄造時小型試料にも係らず、急冷、緩冷を同時に受けしめ、大形チルドロール内外の組織變化と同一のものを一度に得られる様工夫した。その中二三のものを摘出すると次の様である。

第二十一圖 共晶研究試料の作り方



No. 1	過共晶組織 第二十二圖	{ C = 4.33 % Si = 0.72 Mn = 0.13 P = 0.022 S = 0.007
No. 2	共晶組織 第二十三圖	{ C = 4.10 Si = 0.50 Mn = 0.20 P = 0.115 S = 0.012
No. 3	亞共晶組織(チルドロール) 第二十四圖	{ C = 3.03 Si = 0.55 Mn = 0.65 P = 0.495 S = 0.077
No. 4	亞共晶組織 第二十五圖	{ C = 2.75 Si = 0.34 Mn = 0.23 P = 0.218 S = 0.050

III 冷硬理論及び硬度

1 冷硬理論

鑄鐵中の炭素は、化合状態(セメンタイト及びパーライト)と遊離状態(黒鉛)の 2 つの形を採るが、鐵中に含まれる他成分及び周囲の状況に依つて、その現出状態を異にし、急冷に際しては黒鉛の現はれる餘裕なく、炭素は悉く化合状態をとつて、鑄物は白色となり、極めて大なる硬度を有する。然し緩冷に當つては、良く黒鉛を生じて、破面鼠色となり、質は柔かいが比較的丈夫な鑄物となる。従つて鑄鐵黒鉛化の現象が、一に冷硬理論の根本となるものである。黒鉛化機構の研究は、外國に於ては

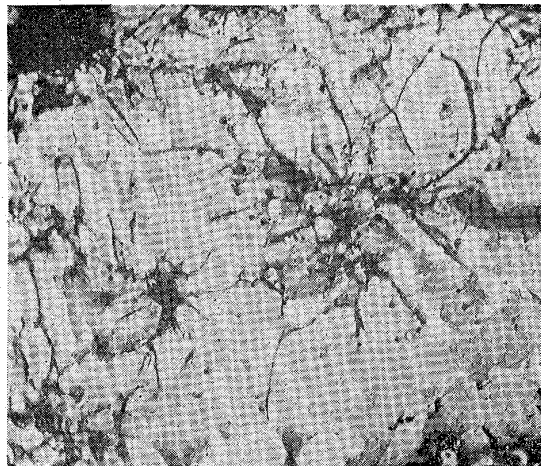
第二十二圖 過共晶組織
C=4.33%

a 急冷部



× 150

d 緩冷部



× 150

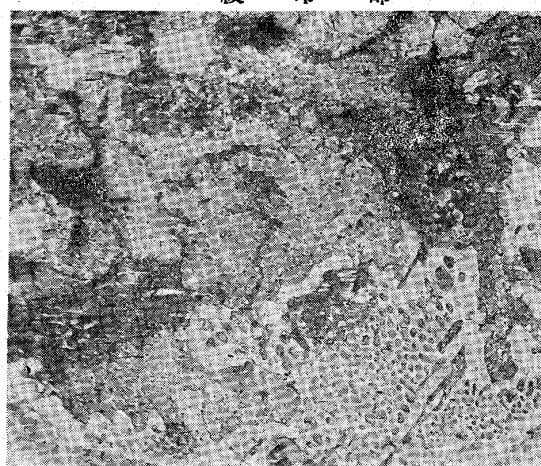
第二十三圖 共晶組織
C=4.10%

a 急冷部



× 150

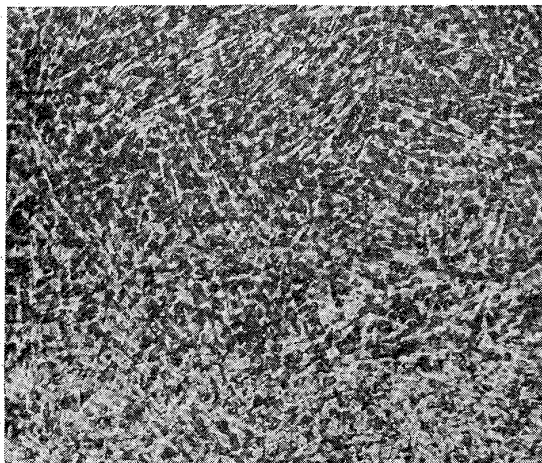
d 緩冷部



× 150

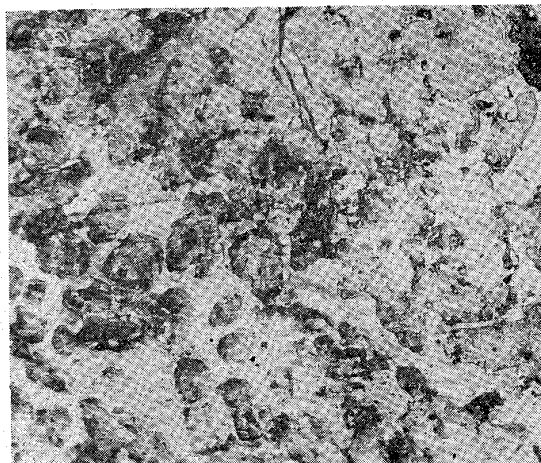
第廿四圖 亞共晶組織(チルドロール)
C=3.03%

a 急冷部



× 150

d 緩冷部

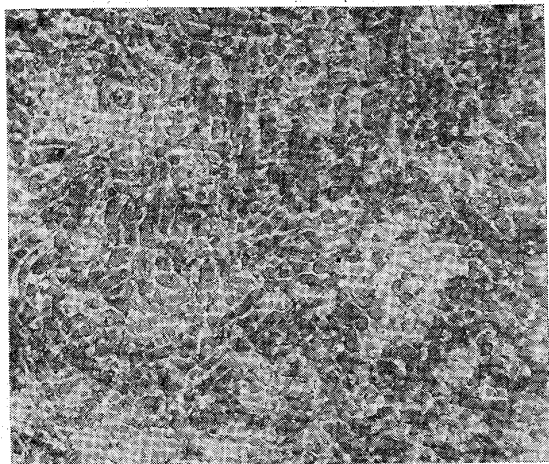


× 150

第廿五圖 亞 共 晶 組 織

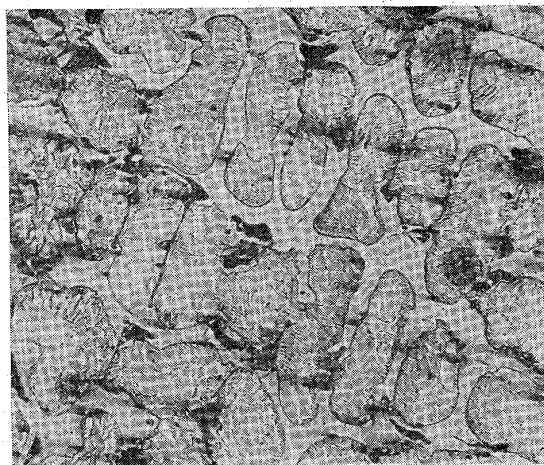
C=2.75%

a 急 冷 部



× 150

d 緩 冷 部



× 150

既に古くから行はれ、我國に於ても依、浅原兩博士を嚆矢として引續き多くの學者に依つて研究され、立派なる學說が續々として發表されたが、併し未だ今日充分の確立を見ないで 1.直接說(黑鉛が直接發生すること) 2.間接說(セメントイトが分解して黑鉛を生ずること) 3 折衷說(兩者相共に起ること)の三說があり、その各々についても仔細に論ずれば、又幾つかの說に細分される。併しこの機構を完全に論ずるのは極めて難く、何等か卓抜なる方法を見出さぬ限り、解決は難かしい。此の如く黑鉛化に對する、その根本理論は不明でも、それに及ぼす各種の影響は餘程明らかになつてゐる。冷硬現象は主として黑鉛化現象の反對である。従つてその狀況に就いても次の3項が考へられる。

1 冷却速度——融體より 800°C 間で高温に於て急冷する程冷硬現象が著しい。

2 化學成分——Si, Al, Ti, P, Cu, Co, 等は冷硬作用を邪げ

S, Cr, V, Mn, Mo, W, 等は促進する。

3 瓦斯——酸化瓦斯と還元瓦斯に依りその影響異なる。鑄鐵中より發生する瓦斯は主に H_2 , CO , N_2 等で還元性を帶び、冷硬作用を妨げる。⁽⁵⁾ 元來鑄鐵はその中に自身の容積の 200 倍の瓦斯を、主に固溶體として吸藏し得るため、その影響も亦極めて著しく、余の經驗に依れば、今日チルドロールについて、原因不明として残されて居る二三の重要事項も、之に依つて説明し得る様に思ふ。

上述の原因に依り、一般の鑄鐵についても、或種のものは如何に急冷するも、容易にチルを得難く、或種のものは緩冷しても白鉄となり易い。故に之等を適當に加減すれば、極めて廣い範圍に於て、任意の性質のものが得られ、又特殊の方法を用ふれば、同一鑄物で一部を急冷して、硬く一部を緩冷して柔かく爲し得て、所謂冷硬鑄物 (Chilled Casting, Hartguss) なるものが得られて、極めて便利である。チルドロールは實にこの種の鑄物に屬し、その中でも最も重要な位置を占める。

注意——冷硬作用及び硬度に關して、實際問題としては熔銑の鑄込溫度、最高溫度、加熱時間、金型

の厚味、等の諸問題があるが、何れも爐の操業法、原料の種類、鑄物の大きさ、金型の工夫、其他の複雑した事情に依つて結果を異にし、單なる二三の實驗の結果を以て斷ずるのは至つて危険である。

2 硬度理論

チルドロール表面の硬度は極めて大切である。

一般の金屬の硬度は、古くから研究され、近時金屬結晶學の進歩と共に、幾多の學説が生じた。本多博士は之等の多くの説を批判され、明快なる説明を以て次の2項を主張せられた。⁽⁶⁾

- (1) 金屬を構成する箇々の結晶の固有の硬度。
- (2) 結晶粒の集合状態、或は外部よりの作用に依りて生ずる硬度。

余は之を、實際のチルドロール表面の硬度に應用してみた。

(1) に屬する事項。S. J. Felton は鑄鐵の各組織の硬度を第三表の如く示した。⁽⁷⁾ 又田丸莞爾氏は鋼に

第三表 鑄鐵の各組織の硬度

	シヨアー硬度	比	較	ブリネル硬度	比	較
フェライト	17	1		100	1	
パーライト	30	1.8		200	2	
ソルバイト	45	2.7		275	2.8	
トルースタイト	70	4.1		400	4	
オーステナイト	90	5.3		550	5.5	
マルテンサイト	100	5.9		600	6.0	
セメンタイト	120	7.1		800	8.0	

第四表 鋼の各組織の硬度

	ブリネル硬度	比	較
アルムコ鐵	90	1	
オーステナイト	155	1.7	
標準化せる鋼 (0.9% C)	225	2.5	
ソルバイト	270	3.0	
トルースタイト	400	4.4	
マルテンサイト	720	8.0	
セメンタイト	800	9.1	

ついて各組織の硬度を研究され、第四表の結果を挙げられた。⁽⁸⁾

鑄鐵と鋼に依つて多少の差があるも、之に依つて各組織の大體の硬度が知られる。上表に依れば、パーライトはフェライトの約2倍、セメンタイトは約8倍であるから、その兩者を含むチル組織の硬度の大なるは當然で、今後更にその硬度を増加せしめるためには、次の3項が推理される。

1、パーライトを、適當な方法に依つて、ソルバイト、トルースタイト、マルテンサイト等に變する

こと。猶之にも種々の元素を加へて、それを含む一層堅い上記の組織を出すこと。

注意。但し焼入れに依るものは、當所の如きホットロールには、焼が戻つて軟化する懼れがあるから用ひられない。單に出来上りの硬度のみに就いて云へば、クロムを含んだ鋼の焼入ロールは、その硬度がショアーの 90 にも達してチルドロールより更に硬い。

2°、セメンタイトにも各種元素を含ませてその硬度を更に増すこと。

3°、硬度大なる新組織の出現。

(2) に屬する事項。 結晶は急冷されると、その形が細くなり、又その受ける歪が大となるから、その硬度も増加する。従つてチル部の、成分やパーライトとセメンタイトの割合が一定でも、處理法に依つてその硬度も變化する。猶鑄造時の種々の事柄が、その硬度に及ぼす影響も結局は、この (1) 及び (2) の何れかに屬してしまふ。

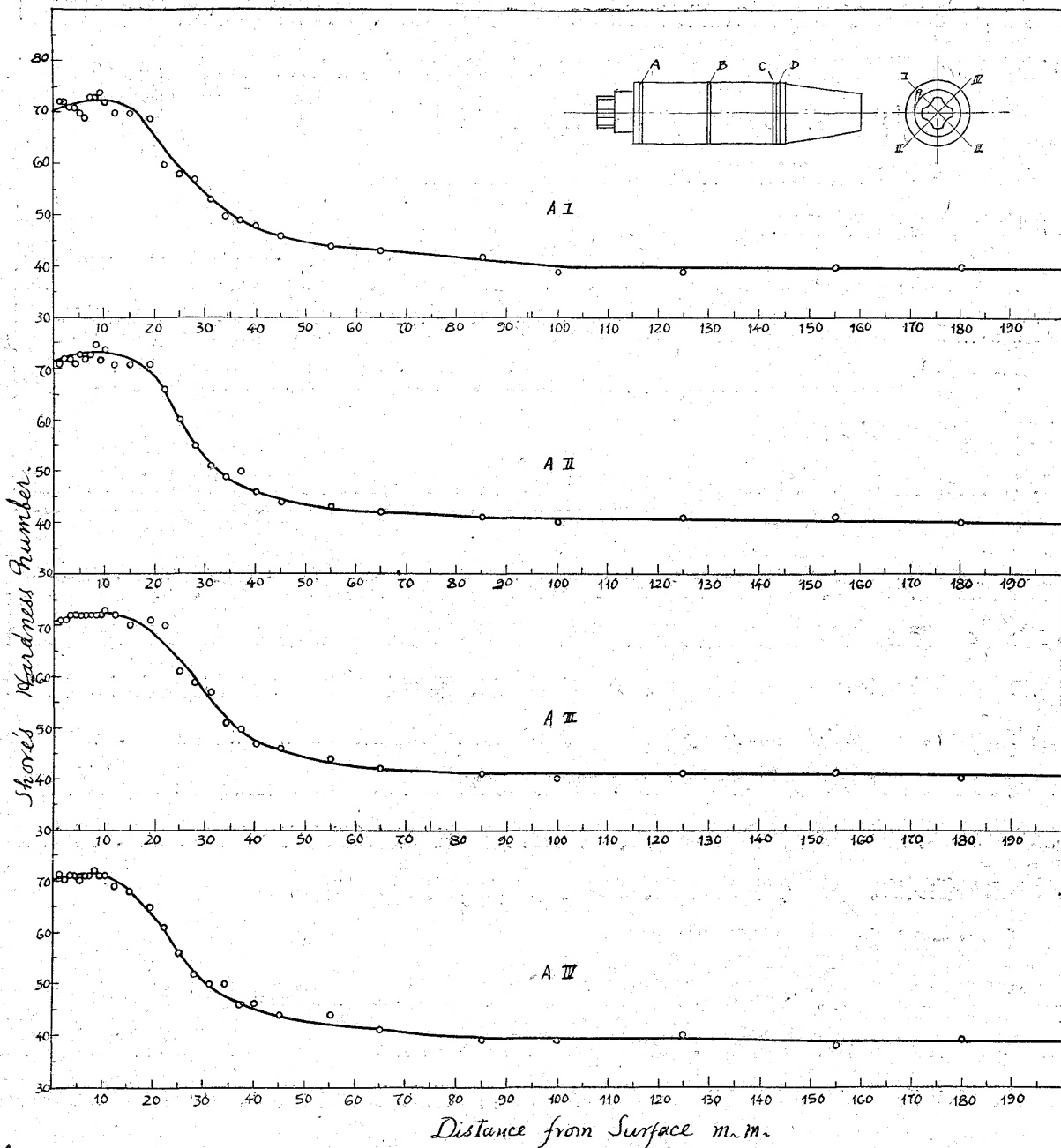
以上の理論的考察に依り、現在のチルドロールの、表面硬度を更に高めることは決して不可能でない。

又今迄冷硬効果として、研究された事柄は、多くそのチルの入る深さであつて、その眞の硬度ではなかつた。この深さと硬度とは直接何等の關係なく、チルの厚いもの必ずしもその硬度大とは限らない。現に實際のチルドロールに就いても、チルは厚いが、柔かくて困ると云ふ苦情も聞く。従つて冷硬効果としては、この双方を同時に考へねばならない。例へば炭素は黒鉛となり易くて、之が多いとチルが浅く入る、然しチル部ではセメンタイトとして極めて硬くなる。又珪素の如きも之と同様の作用が認められる。猶ロール表面については、硬度と同時にその磨耗性を考へねばならず、更に高温度に於けるこの性質は、一層重要であるが、まだ未知のまゝ残されてゐる。

3 實際のロールに就いての硬度研究。

a 硬度分布。 表面にて、ロールの長さに沿ふ硬度分布は、上述の供試體ロールに就いて測定した結果は胴上部は稍と低いが、大差なく、皆ショアー硬度數 72 附近の値を示した。之に關聯して當製鐵所に於て、チルドロール及びサンドロールに就いて相當の期間使用した後の、ロールの表面の硬度分布状態を、數多く調べた結果は、何れも使用された部分だけ、長期の加工作用を受けて、次第に硬度を増加し、使用されない兩端部よりも、平均ショアー硬度數 4 位その値を増してゐることを知つた。ロール内外部の硬度變化については、供試體 ABC の下面につき、嚴密に測定して、第二十六圖、二十七圖、二十八圖に示したが、その中の一つの點は各と 15 回の平均値をとつて示したものである。猶ショアーの硬度計は、測定時同一點を再撃すれば、次第にその値を増して、眞の結果を示さぬから、周縁より同一距離を保つて、毎回少しづゝずらせて測定しその平均を取つた。又硬度は結晶の並ぶ方向に依つて、多少異なることが想像されるので、本實驗に先ち、供試體ロールより ABC 圓板を採取する際、或幅のバイトを使用し、その部分について、やはり上中下 3 ケ所で表面の硬度を測りつゝ、旋削を續けた。従つて之は前述のものと測定面の方向が直角になり、實際に使用する場合と等しい面

第二十六圖 チルドロール硬度變化 胴下部……A部

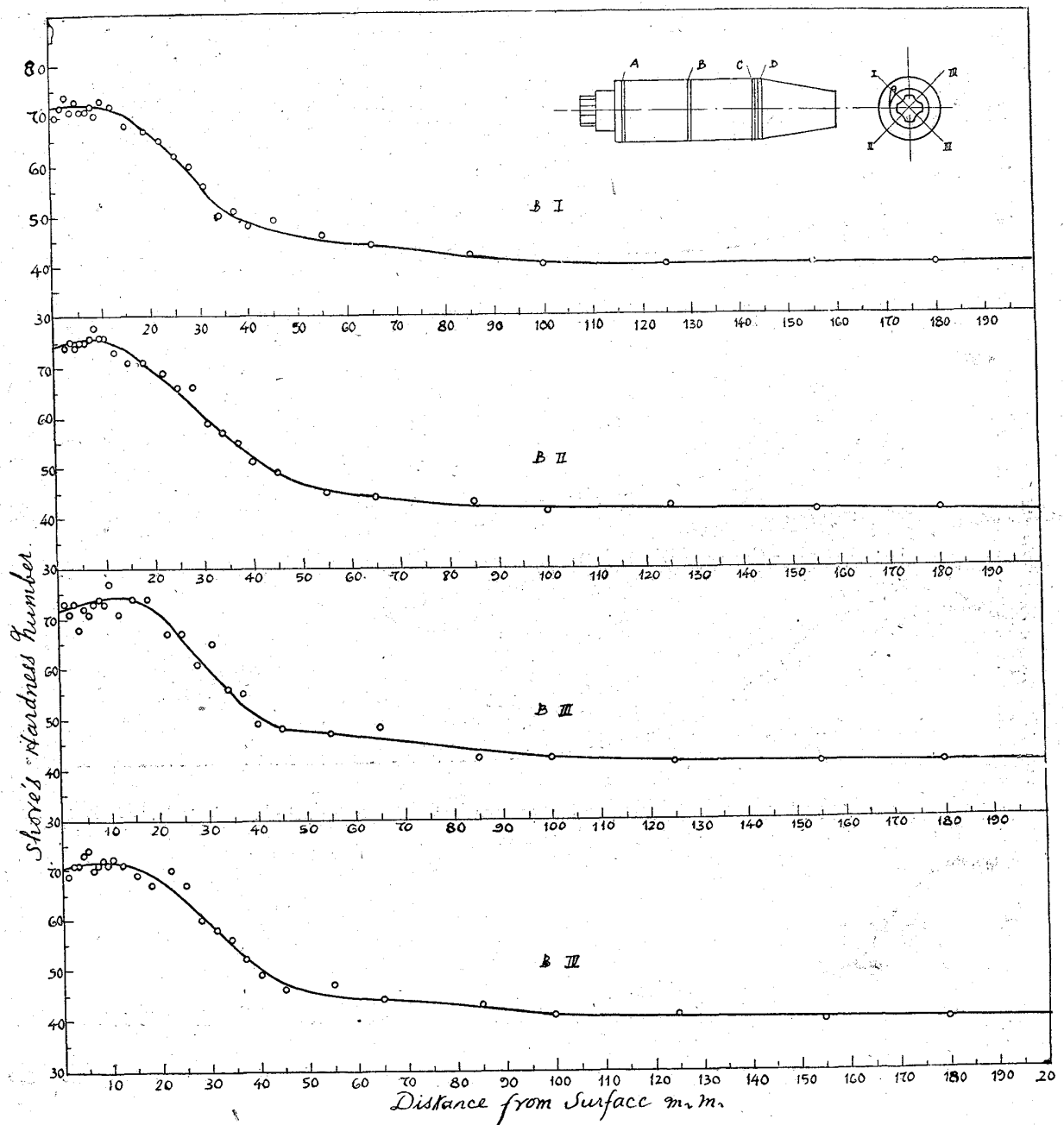


の硬度となる。併しその結果は何れも、前の圓板に就いて測定したものと、大差なく殆んど一致した結果を得たから、此處には前述のものゝみを示した。

結果。

1. チルドロールの硬度は、最表面よりも稍内部(10mm位)に入つた所が最も高い。理由は第六圖に示した如く、炭素量が稍と内部に高く、又組織上からも、最表面部より稍と内部の方がセメンタイトの量が多く、パーライトの量が少ない爲である。但し一般にかかる實驗の際には、外縁部は縁の影響に依り、硬度が稍と低く現はれ易いが、その影響は僅か2~3mmに止る。本實驗に際しては、前述の如く何等周縁の影響を蒙らざる、之と直角の方向に旋盤にかけつゝ測つたものについても、同一の結果

第二十七圖 チルドロール硬度變化 胴中部……B部



が現はれてゐるのであるから、この結果が單なる測定時の誤差でないことは明らかである。

2. 表面より内部に入る際、硬度は斑鉄部にて急減し、以後中心まで殆んど一樣の値を示すが、之は化學成分及び組織からも首肯される處である。

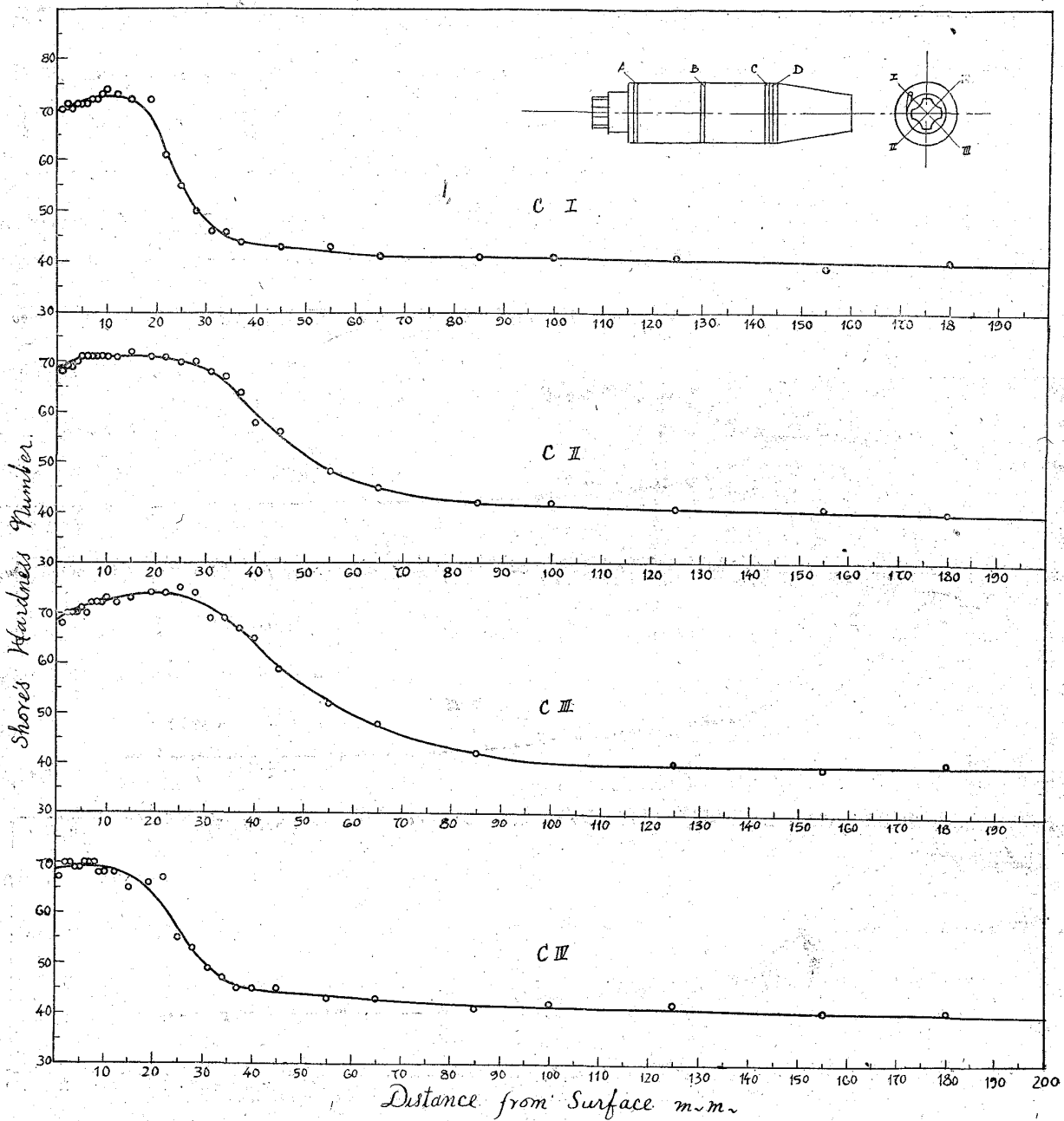
3. チル白帯部の深さは、ロールの上下に依つて著しい差があつても、その部の表面の硬度は大差ない。

4. チルドロールは使用すると段々硬くなる。理由は事實ロールの内部が最外部より稍 硬いことゝ、壓延作業に依つて、ロール自身が加工硬化現象を起すことに歸する。

b. チルの深さの決定法

チルの深さは常に現場に於て問題となるが、未だ標準とする適當の方法が無い。顯微鏡的に組織の

第二十八圖 チルドロール硬度變化 胴上部……C部

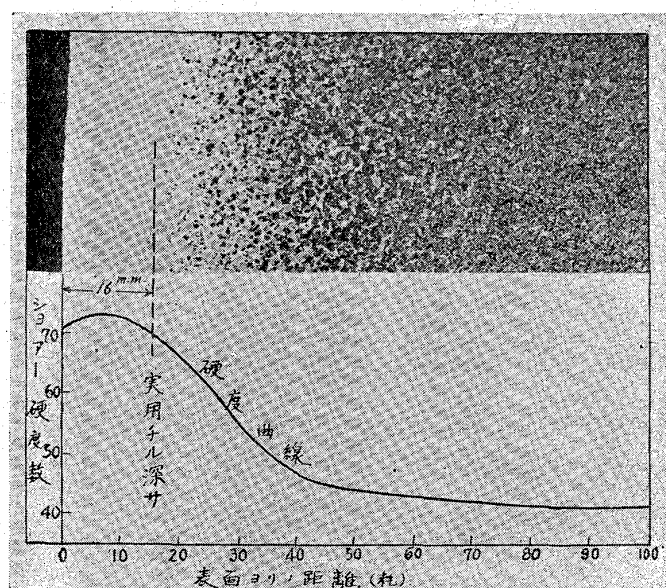


上から決定しても、實地には何等の役に立たぬし、又肉眼的に破面や、側面旋削部觀察で決めるのは、至つて便利であるが、人々に依つて標準が異なつて一致しない。故にこの際何等か有意義なる理由に依つて、その標準を決定する必要がある。今チルドロール破面を仔細に觀察すると次の事が知れる。

1. 完全チル。斑點を一つも交へざる完全白色部。
2. 肉眼的チル消失線。試料より稍と放れて見たる際、斑銹部を過ぎ、灰色部急増して殆んどチル消失せる線。
3. チル完全消失線。仔細に見れば遙か内部まで白色點の進入せるを見るが、この點の全く消失して全部完全なる鼠色となる線。

この中何れを以てチルの深さとすべきかは難かしい。現在に於て云はれる所は、2。に近く之より稍浅く見る者が多い。併し之を決定するには、何等かの根拠が要る。余は之についてチル利用の本意がその硬度に依ることに基き、硬度急變點迄を以て、實用チルとするのが最も有意義であり、實用的であるとして、之に依ることにした。その結果は既に第九圖、十一圖、十三圖、十五圖、に於て實用チルとして示したが、第六圖の寫眞に依れば、極僅かの斑點を交へるが、殆んど完全チルに近い所となる。之を實用に供するには、第二十九圖の如く寫眞に書き入れて、各現場に配布し、人々の眼の標準を一定にするのが、最も當を得たる方法であらうと信ずる。

第二十九圖 チルの深さ決定圖



c. チルドロールの焼鈍

チルドロールはその方法から、鑄造時非常なる内力を受ける。従つて後に焼鈍してそれを除き得れば都合が良い。併し餘り高温度で行ふと、チル部が黒鉛化して硬度が減する爲、その温度が問題となる。當製鐵所でチルドロール破片を 500°C から 900°C に至るまでの温度で、各々4時間及び6時間⁽⁹⁾づゝ焼鈍した結果に依れば、 500°C では何等變化なく、 600°C に至つて僅かの黒鉛化現象を見て、加熱温度は 500°C を限度とすべきことが知られた。此處には更に長時間

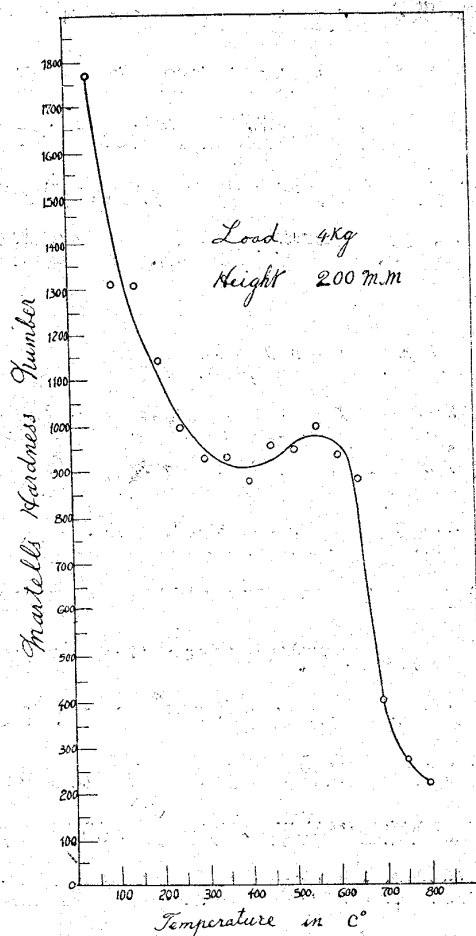
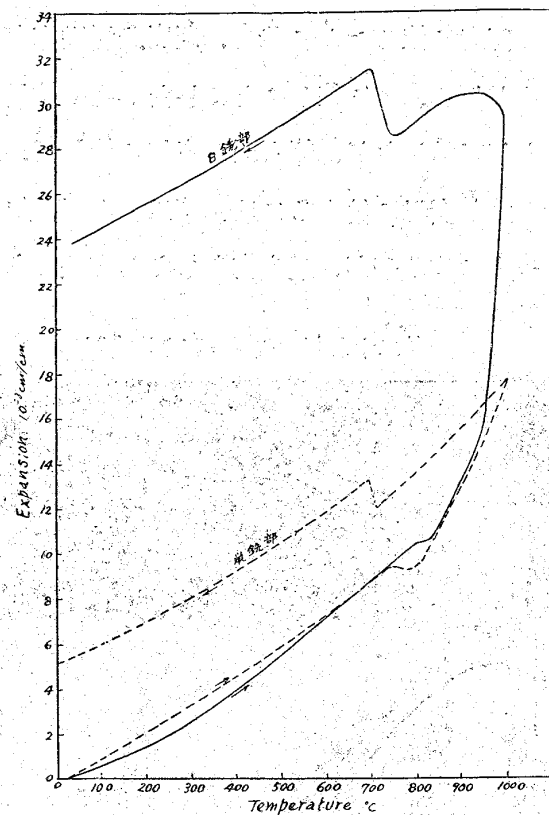
に亘る焼鈍の影響を知るために、 400°C と 500°C に各々48時間加熱し、その状況を調べ、且その硬度も計つたが、何れも組織には何等の變化なく、黒鉛化も起らず、破面は依然として白色を呈して、次の成績を得た。

チル破片		400°C 48 時間焼鈍	500°C 48 時間焼鈍
ショアー硬度	70	69	69

(10)

之に依り、 500°C 以下で焼鈍すれば、硬度を減することなくして、鑄造應力を除去しロールの性質をそれだけ優良になし得ることを知つた。但し實際問題としては、この温度にロールを均熱することは、特別の工夫を要し、不平均の際はかへつて悪く、一部分温度が高すぎると、その部分のロール表面に、灰色斑點を生ずるから、作業者は餘程の注意を要する。猶焼鈍でなく、高温度に於てのチル部の硬さを知るために、各温度に30分保ち、そのときの熱間衝撃硬度を測つた。その結果は第三十圖の如くで、僅かの温度上昇に依つても、その硬度が急速に減する。之に依つて、作業中ロール表面に瑕のつき易い原因も明らかとなり、特に高温度に於ける、硬度研究の必要も認められるに至つた。

第三十圖 チル部熱間衝撃硬度

第三十一圖 a チルドロール白鉄部及
鼠鉄部膨脹曲線

IV チルドロールに関する諸試験

1 膨脹實驗

ロール使用時の温度上昇の度合は、ロールの各部で一様に行かぬため、それに従つて變化する應力の計算は極めて難かしい。その上實際には作業に依る、各種の力が同時に作用して、益々難解となる。此處には將來に於ける、それ等の問題の解決の一助ともなり、又ロール破損主要原因の説明ともするために、極めて嚴密にその膨脹量及び膨脹率を調べた。

a、供試體の外部白鉄部と内部鼠鉄部から、膨脹試料を採取し、真空中で $1,000^{\circ}\text{C}$ まで 1 分 5°C の速さで加熱冷却した。その結果は第三十一圖 a. の如くで、之に依つて次の事柄がわかる。

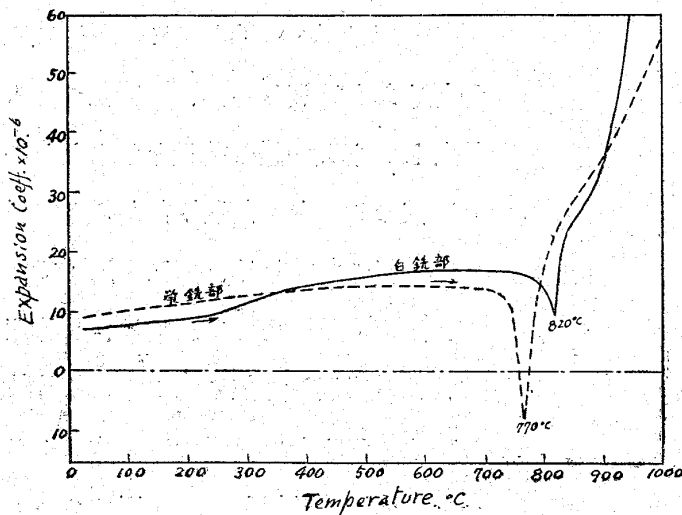
1、チル白鉄部の膨脹曲線は 220°C 附近で稍々その方向が變る。之はセメントタイトの A° 變態に依るもので、白鉄には多少現はれるが、鼠鉄ではパーライトのみであるから著しく現はれない。但したとへ白鉄でも、この點の膨脹變化は極めて僅少であるから、中々現はれ難く、示差膨脹計等に依らねば明瞭にならぬ。

2、 600°C 位までは、チル白鉄部の方が、内部鼠鉄部よりもその膨脹量が小さく、その差の最大期間は $200^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ で、白鉄は鼠鉄の約 $2/3$ の膨脹量を示す。

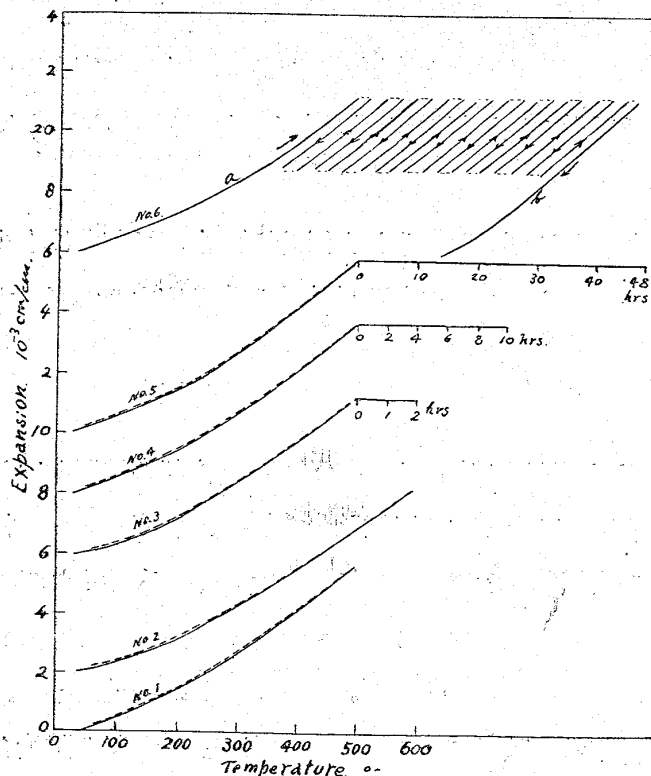
600°C 以上になると、白鉄の膨脹量が次第に増大し、かへつて鼠鉄より大となり、930°C より急激に膨脹して、黒鉛化の盛に行はれることを示すが、鼠鉄には殆んどこの變化が現はれない。

3°、白鉄の方が約 50°C Ar_1 變態の起る温度が高い。

第三十一圖 b 各温度膨脹率曲線



第三十二圖 チルドロール冷硬部の各温度及び保定時間に於ける膨脹曲線



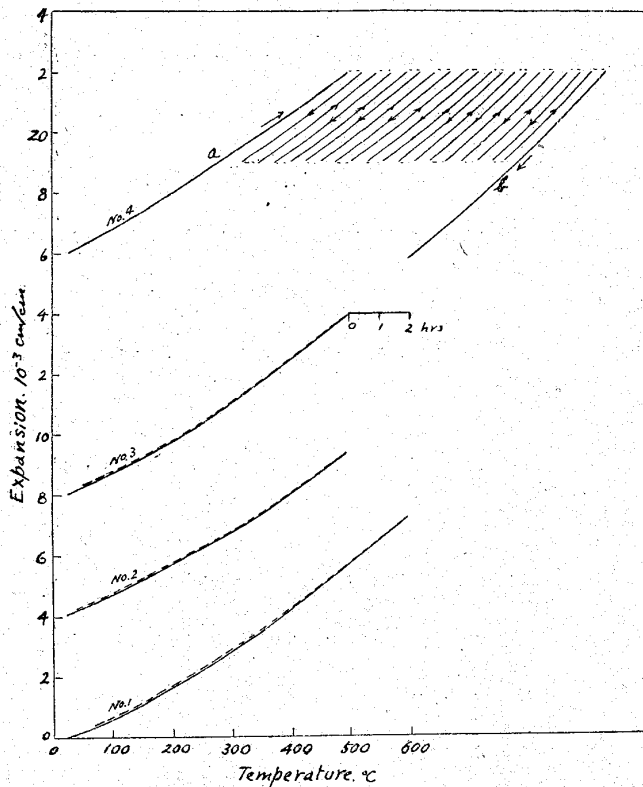
備考 ab 線は殆んど相重なるにより途中の變化を示すため少しづつ、離して畫けり

b、白鉄及び鼠鉄の各温度に於ける眞の膨脹率を知るために、各温度に於て 1°C 毎に變化する長さを、試料の元の長さで除した値を第三十一圖 b に示した。之に依れば兩者の眞の膨脹率は、330°C 以下に於ては、白鉄が小さく、以上に於ては反つて大きい。併し何れにしても 500°C 以下に於ては、大差の無いことが明らかになる。

C、製鐵所使用ロールは、殆んど全部ホットロールなので、作業中ロール自身の温度も甚だしく高くなり、その最も著しい鍼力熱板ロールについて、作業中のまゝその温度を測定した結果は、最高殆んど 500°C 近くに達してゐた。⁽¹¹⁾ 又使用者の立場から考へると、チルドロールはサンドロールよりも特に破損し易く、殊に作業開始時に於て著しい。之等の原因を究めるために、特に 500°C までに於て、ロール内外の膨脹量が、各々如何様の變化を示すかを極めて嚴密に、且色々の場合について調べた。

第三十二圖はチルド部白鉄についての結果で、No. 1 及び No. 2 は、500°C 及び 600°C までの加熱冷却曲線で、(1 分 5°C の速さ真空中) その形は勿論 a の場合と等しく、何等黒鉛化等の現象を起さず、加熱及び冷却曲線は良く一致する。No. 3 は 500°C 加熱 2 時間保持後冷却、

第三十三圖 チルドロール内部鼠銑部の各温度
及び保定時間に於ける膨脹曲線



備考 ab線は殆んど相重なるにより途中の變化を示すため少しづつ離して畫けり

る。但し前者の方はその影響が餘程大きい。又白銑部及び鼠銑部の眞の膨脹率の大きさは 330°C を境として反對の値を示すが、何れもその差は餘り大きくない。

2°、チルドロールの表面は、サンドロール表面より遙かに硬いが、それと同時に脆く、又前者は多少 A₀ 點(220°C 附近)で體積の變化を示すが、後者には之がない。又鑄造時生ずる内部應力も前者の方が遙かに大きい。

2 機械試験

チルドロール材質研究に際しては、その表面冷硬部の性質を究めると共に、その内部の性質を明らかにすることが、極めて大切である。故にこの部分について各種の機械試験を行ひ、將來のロール材質優劣比較の根據とし、合せて之を燒鈍せる場合の成績をも示して参考に供した。第五表がそれである。

3 高温度に於ける試験

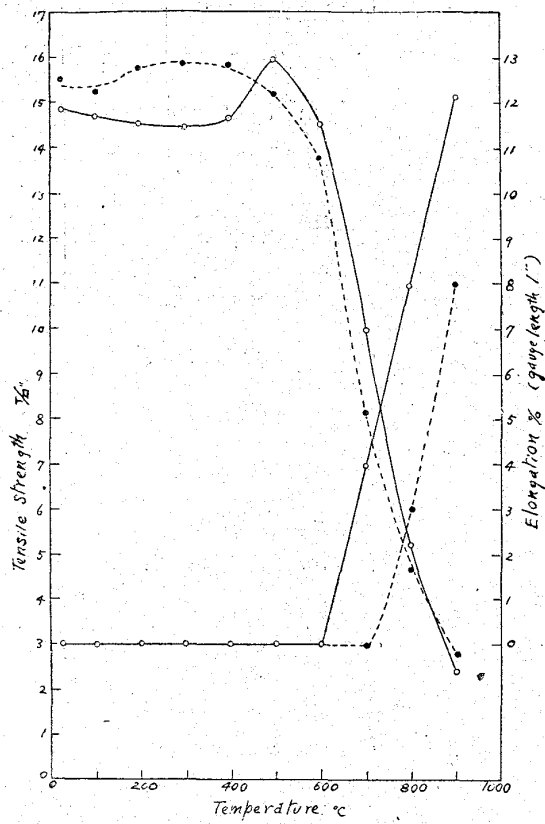
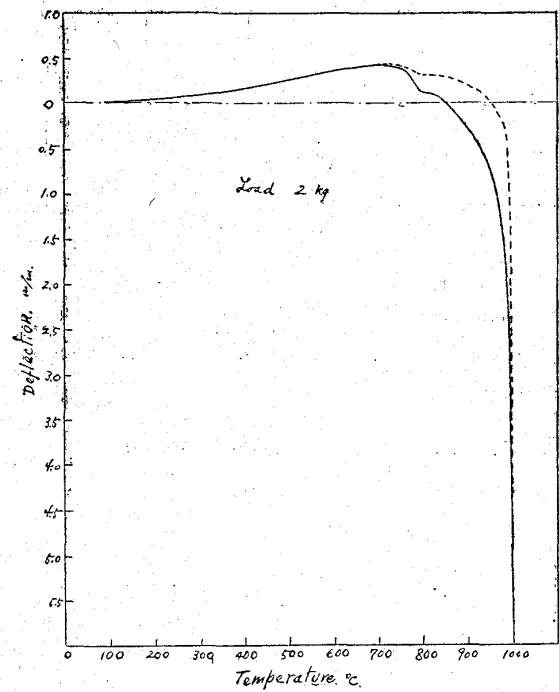
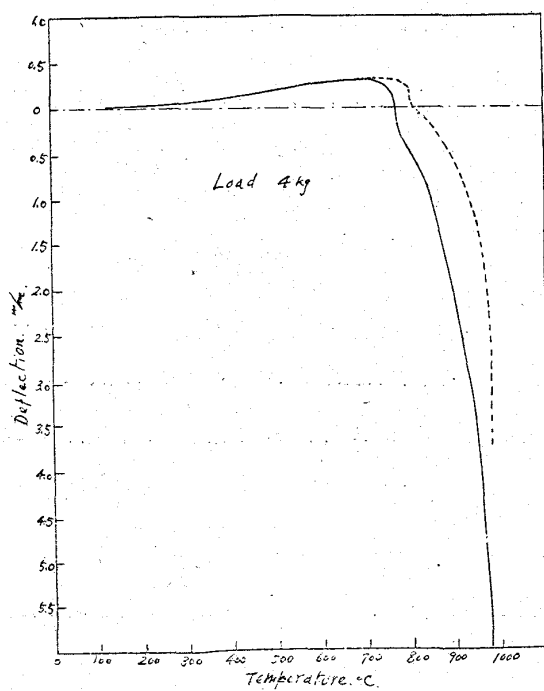
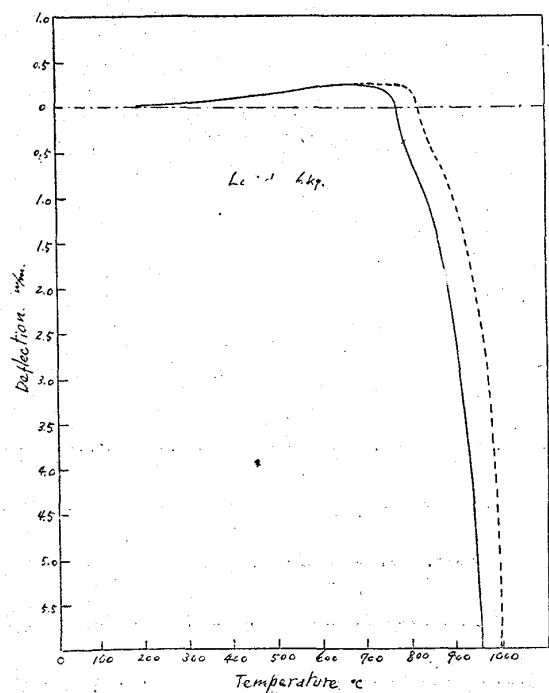
ロールは相當高温度に使用されるため内部鼠銑部相當の試料について、高温度に於て各種の試験を行つた。(13) その中の二三を示すと次の様になる。

第三十四圖熱間抗張力試験。500°C までは餘り變化なくこの温度にて急減す。延伸率はこの反對。

No. 4' は同温度に 10 時間、No. 5 は實に 48 時間の長い間保持して冷却したものであるが、何れも何等の變化がない。又繰返し加熱の影響を知るために、No. 6 に於ては 500°C~300°C 間に 10 回に亘る加熱冷却を繰返したが、之に依つても何等著しい永久膨脹の結果を示さなかつた。同様のことを内部鼠銑部からの試料について行つた結果は、第三十三圖であるが、之も 500°C までに於ては、長時間保持、及び繰返し加熱に依つて、何等特別の變化を示さない。従つて前述チルドロールの使用時破損し易い原因については、次の諸項が考へられる。

1°、ロール破壊の熱的主原因は使用時ロールの温度分布の不平均、及び同一温度に於ても、内外によつて稍々その値を異にする膨脹量の差に基づく、熱應力に由

第三十四圖 チルドロール材熱間抗張力試験

第三十五圖 チルドロール材熱間彎曲試験
a. 荷重 2 kg第三十五圖 チルドロール材熱間彎曲試験
b. 荷重 4 kg第三十五圖 チルドロール材熱間彎曲試験
c. 荷重 6 kg

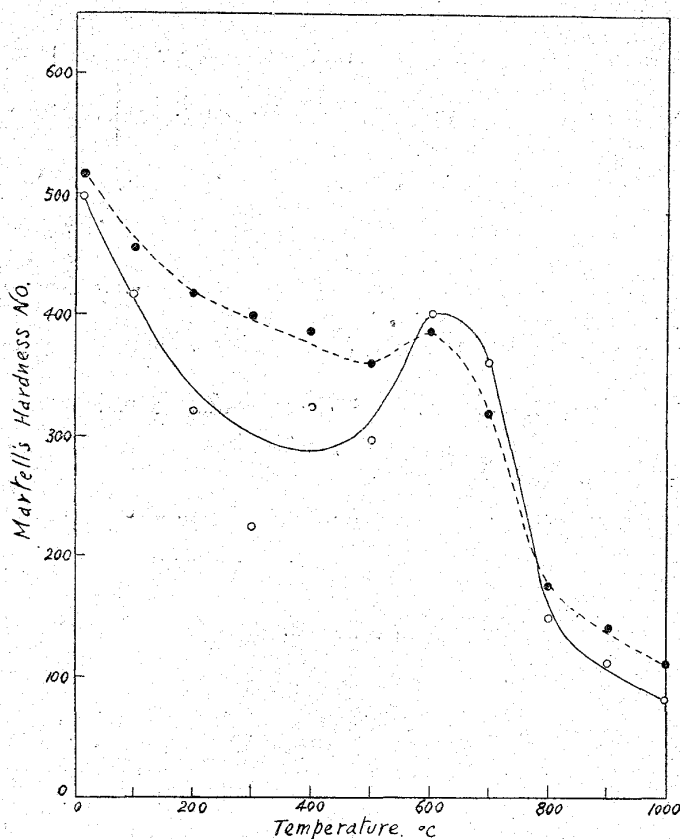
第五表 チルドロール材各種機械的試験

品名	符號	抗張力 噸/□"	抗壓力 噸/□"	捻廻力 (リール) 吋噸/□"	シャープ ー 衝撃試験 米冠/□ cm	スタント ン式交番 打撃試験 高さ1/2"	ブリネル 硬 度	ノールス式磨減 試 験	
								減直徑 (耗)	減重量 (瓦)
波板用ロール材(數個平均) C Si Mn P S 2.97 0.71 0.64 0.587 0.042	A	15.6	60.7	22.90	0.2050	打撃數 718	218.8	0.0050	0.0528
	B	13.7	54.9	18.03	0.2470	410	187.3	0.0050	0.0437
鋳力熱板用ロール材(數個平均) C Si Mn P S 3.07 0.57 0.82 0.564 0.040	A	13.0	49.6	—	0.1811	214	197.4	0.0450	0.2824
	B	12.2	52.2	16.65	0.2153	327	170.4	0.0175	0.1241

備 考 A…鑄造のまゝ、B…700°Cにて24時間焼鈍

本試験は各種のロール材に就き行ひしものゝ中比較的成績良好のものと普通のものとを示す

第三十六圖 チルドロール材熱間衝撃硬度試験



従つてロールを 500°C 以上に運轉することは、極めて危険なるを知る。

第三十五圖 a.b.c. 熱間彎曲試験。700°C 附近にて急折し、荷重に依り軟化點を異にする。

第三十六圖熱間衝撃硬度試験。僅かの溫度上昇に依り、急減し 600°C 附近にて稍と高く、その後更に激減す。

V 缺 陷

ロール缺陷には色々ある。又それらが原因となつて破損廢棄されるロールの數は夥しい。それらの詳細の研究は他日に俟つが、此處には特に氣付いた二三の事實のみを挙げよう。

1 鑄造時の缺陷

a 縦割れ。原因。ロール鑄造に際して凝固時急冷に依り、外部は固化して非常

に收縮するが、内部は相變らず液狀を保つため體積變化少なく、爲に外部に非常な張力が作用して、白鉄は特に抗張力に弱いため、遂に破壊して縦割れが入る。この割れは時にはチルの厚い所に入ることもあるが、概してその最も薄い所に入る。この現象を更に著しくする原因としては、次の諸項がある (1) 白鉄と鼠鉄とは收縮率が著しく異なり、前者はその率が遙かに大きい。又凝固時鼠鉄は黒鉛發生等のために一時膨張するが、白鉄はかゝることなくそのまま收縮し續ける。(2) 變態點を過ぎる、時期が、ロール内外にて異なる。(3) 磷が凝固時一時膨張する。

b、横割れ。原因。鑄造時鑄物の縦に収縮せんとするに對し、鑄型内面の摩擦のため、引懸つて自由の収縮を妨げられる爲であるが、當所製造のロールには殆んど無い。

c、變形。ロールは概して、胴下部は上部より稍と徑が大きく、(第三圖参照)又圓周も眞圓でなく、橢圓形をなすことがある、猶細かくはロール各部の収縮度の差に依り色々の變形がある。

d、氣泡。あまり著しくないが、前述表面の粟狀細粒部の内部に生じ易い。その形は鋼塊の氣泡と異なり、球形に近く、鑄込温度の低過ぎやその他の原因で、熔銑上昇時の回轉力の鈍い場合に現はれ易い。

e、チルの厚味の偏り。原因不明。

f、チルの厚味の不適當及び硬度不足。原因。配合の不良。鑄型の不適當。

g、夾雜物混入。鐵滓、砂等が混入す、熔銑上昇時回轉力大なるときは、之等は中心に集中されて上るため害少なし。

2 使用時の缺陷

a、横割れ。熱に依り胴中央部より軸に直角に割れるものが一番多い。原因はロール温度分布不同を主とし、その他の原因も多少加はる。又力の作用によるものは、斜に割れる。その他頭部胴端部等色々の部分で割れるがその原因は極めて複雑である。

b、表面瑕。(1[°])針穴瑕 ロール表面一様に針穴狀の瑕が出来るが、之はチルが薄くなつて内部の黒色斑點部が外に出た爲である⁽¹⁵⁾。(2[°])表面粗雜。過熱使用に依るもの、初めよりチルの柔か過ぎるもの等あるが、成品の表面を害して至つて悪い。(3[°])表面龜甲型小罅。水冷却を行ふものに著しく、加熱冷却の際膨脹収縮を伴ひ、そのとき作用する力が、表面上の多くの核を中心として働くために、かかる結果になるもので、鋼塊用鑄型の内面のものと全く同理である。

c、表面よりの瑕の侵入。使用中表面の小瑕が次第に内部に侵入して、遂にロールを折損せしむるに至る。この瑕は壓延一回毎に少しづつ侵入する。

d、チル部剝落。稀に起るチル部と内部との境が餘り鮮明に過ぎるは宜敷くない。

3 折損原因

折損の原因は使用時の狀況に依つて、勿論異なるが、此處には當所にて折損原因として示されたものを並記してみよう。

ロール運轉中止による表面冷却。使用開始時の熱不同。壓下過大。壓延材料加熱不足。ロール過熱。嚙止。材料捲付。火著嚙止。ロール磨滅。疵の侵入。軸承不良。材質不良。チルの厚味不適當及び不平均等。猶之以外にもロール各部の寸法割合の不適當。スタンドの距離不適當。振動。ロールの水平ならざることなどが挙げられる。

VI 總 括

I 研究の目的。チルドロール材質に關する基礎的性質の研究。

II 化學成分 製鐵所使用製板用チルドロール化學成分及び成績一覽並び平均。

III 成分分布 { 中板上下ロール } 全炭素……内外殆んど一様。化合炭素 表面に多く内部に入り急減し以後一様に就き

分布す。黒鉛炭素はこの反對。特に内部程著増するが如きことなし。

硅素、滿俺、銅、チタン、クロム。……多少の不同はあれども概して内外一様 燐、硫黄……鋼に見る如き著しき偏析なし。

IV 肉 眼 組 織 破面……チル部白色、内部鼠色、境界部、斑鼠色。

チルの厚さ半径の約 4%チル部はロール胴上中下にてその幅を異にし下部、中部にては一様の幅の輪をなすも上部にては著しき不同あり。

表面……鑄込温度高きもの痘が出来反つて良好。低きものは肌滑らかなれど不良。氣泡、縦割れを豫示する粟粒状細粒の並列。頸部燐球の房の存在。

V 顯 微 鏡 組 織 チル部……主にパーライト及びセメンタイト、セメンタイトの状況を稍異にす。パーライト……外部層状、内部粒状。ロール内部はフェライト、セメンタイト無く完全なるパーライト鑄物を構成す。黒鉛 その形餘り大ならず。内部は均等に分布す。されど菊目組織を得るためには一層の努力を要す。

燐 三元共晶として存し網目状に近く、量頗る多し。

硫黄 硫化物として點在す。

硅素、滿俺、銅、チタン、クロム、組織には特徴現はれず。

VI 白 銑 共 晶 共晶成分のものも過冷に依り少量の初晶セメンタイトと稍成分の異なる共晶を生ず。チルドロールは共晶成分に遠いため初晶セメンタイトは出現せず。初晶オーステナイトの影響に依つて共晶セメンタイトの形を變化す。

VII 冷 硬 理 論 黒鉛化の逆。冷却速度、化學成分、瓦斯が影響す。

VIII 硬 度 理 論 本多博士の一般金屬の硬度理論に基いてチルドロールの硬度を説く。硬度増加法の理論的推理。

IX 硬 度 實 測 ロール胴部表面に何れの方角も硬度差著しからざれど上部稍低し。

横斷面の硬度分布……最高硬度部は表面より稍内方に在り。

チルの幅は部分に依り甚だしく異なる所もその表面の硬度は大差なし。使用中のロール硬度増加原因をロールの加工硬化とロール内部に最硬部の存することに歸す。内部鼠銑部は硬度一様なり。

X チルの深さ決定法 硬度變化線に依り實用チルの深さを決定し寫眞に依りその標準を示す。

XI チルドロール焼鈍 500°C 以下なれば 2 晝夜焼鈍するも硬度減せずして應力を去り得。但し均熱法の工夫を要す。

チル部熱間衝擊硬度……僅かの温度上昇に依り著しく硬度を減ず。使用中ロールに傷のつき易き原因明らかとなる。

XII 膨 脹 實 驗 チルドロール内外部膨脹量及び膨脹率の比較。

チル白銑部……A。變態僅かに現る。600°C までは膨脹量鼠銑より少。之より以上は急増す。930°C より黒鉛化盛んに行はる。内部鼠銑部……A。變態現れず。1,000°C にても著しき黒鉛化なし。双方共 500°C までにては長時間保持するも繰返し加熱を行ふも永久膨脹を示さず。白銑及び鼠銑の眞の膨脹率は 500°C 迄に於ては大差なし。

チルドロールの破壊し易き原因 1、使用時のロール温度分布不同。2、白銑部の實質脆きこと。3、急冷のための應力の大きなること。4、白銑部及び鼠銑部の少量の膨脹量の差及び A。變態等。

XIII 機 械 試 驗 材質検査の爲多くの試料に就き、抗張力、抗壓力、捻り、衝擊、交番打撃、ブリネル硬度、磨滅試験を行ふ。

XIV 高 温 度 試 驗 抗張力。500°C にて急減す。

彎曲試験。荷重に依り多少の差あれど A₁ 點前後の温度にて軟化す。

衝擊硬度。僅かの温度上昇に依り急激に減ず。

XV 缺 陷 鑄造時の缺陷……縦割れ、横割れ、變形、氣泡、チルの厚味の偏り、不適當及び硬度不足、夾雜物。

使用時の缺陷……横割れ、表面瑕、針穴瑕、表面粗雜、表面龜甲型小罅、瑕の侵入。

折損原因。

終りに臨み本研究の發表を許可賜はりたる野田製鐵所技監閣下。終始御懇篤なる御指導を仰ぎたる長谷川研究所長。實地作業に就いて絶えず御助言を賜はりたるロール鑄造工場主任高橋技師。及び實驗に當り誠心誠意御援助下された上田哲三郎氏以下多くの人々の御盡力に對して、心から深く感謝致します。

大正十五年九月 稿

註 文 献

- (1) 鐵と鋼大正十五年三月號 p. 290 谷村氏
- (2) Stahl und Eisen 1,922 s 1773 Emil Schütz 氏
- (3) 製鐵研究第八十八號谷口光平
- (4) 金屬の研究第二卷第四號濱住博士
- (5) Metal Industry Nov. 7, 1924. p. 455 鐵及び鋼の研究 第二卷 P. 4 本多、村上兩博士
- (6) 金屬の研究 第三卷 第一號 大正十五年一月 本多博士
- (7) The Foundry April 15, 1923 p. 321 S. J. Felton
- (8) 金屬の研究 第三卷 第六號 田丸莞爾氏
- (9) 製鐵研究 第八十八號 谷口光平
- (10) 鐵と鋼 大正十四年十一月號 p. 735 石川博士
鑄鐵は 200°C に焼鈍してもその應力を相當取り去り得。完全に取り去るには 550°C~600°C に 10~6 時間保ち 2 晝夜かゝつて冷却すれば充分なりと
- (11) 製鐵研究第九十一號 p. 10 海野技師
- (12) 製鐵所研究報告 No. III p. 69 海野技師
- (13) 詳細は製鐵所研究所研究報告 Vol VI No. 3 チルドロール材質試験其の一 長谷川、谷口、上田
- (14) 製鐵所研究所研究報告 No. II. p. 43 城谷技師
- (15) 製鐵研究第八十八號 p. 12 谷口光平

製鐵所米獨屑鐵輸入

製鐵所では漢冶萍鉄鐵杜絶のため應急策としてドイツ屑鐵 3,000 吨、アメリカ屑鐵 3,000 吨を輸入することになり米國屑は三井に獨逸屑は三菱にそれぞれ注文三井は過日 1,000 吨納入三菱も 11 月 3 日 500 吨納入した値段は吨當り何れも 37—8 圓見當である、なほ製鐵所では該屑鐵使用の結果製鋼上好成績をあげた場合は更に大量の屑鐵輸入を行ふと。

(大毎)