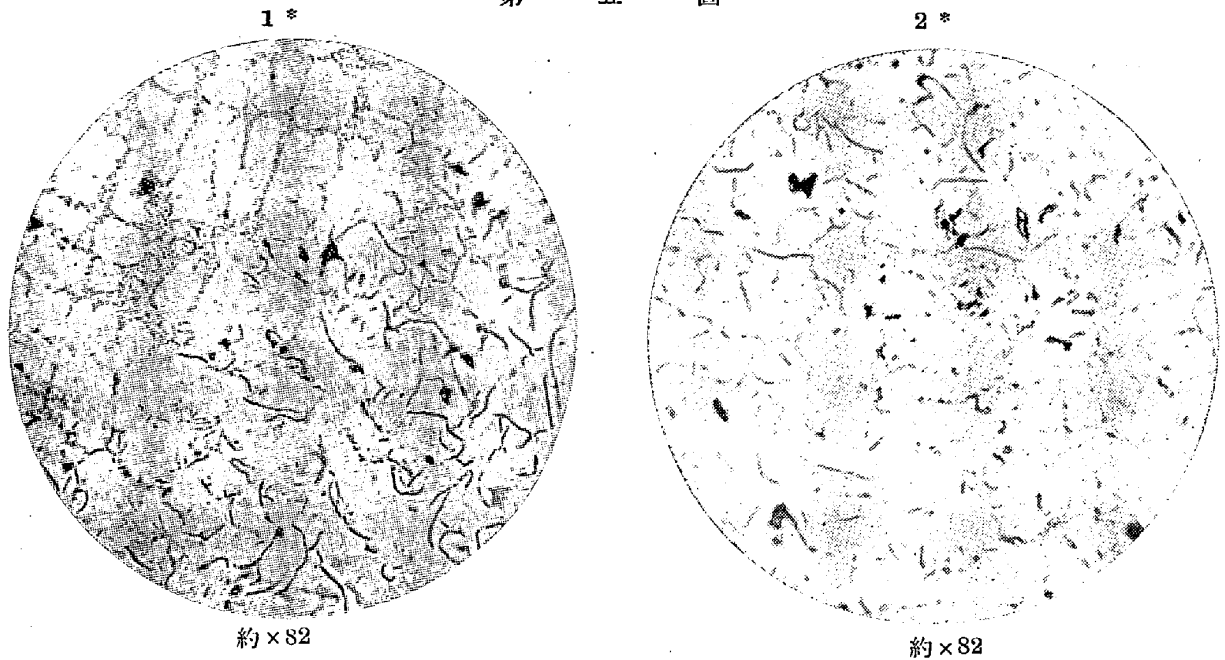


第 五 圖



ると謂ふことは私共の非常に愉快に感ずる所であります。

其他本邦に於ける此種の研究にして工業上有益なるもの例へば汽車製造会社のピストン、リングの如き、神戸製鋼所の熔銑爐、電気爐を併用せる低炭素、高珪素の過熱鑄鐵の如き、又三菱神戸造船所の熱風使用の熔銑爐等の如き、又海外の研究にして諸君に紹介したきもの尠からずと雖時間の關係上之を他日に譲りたいと思ひます。

又特種鑄物の研究に關しては例へば菊田博士、澤村學士の可鍛鑄物の研究の如き或は淺田、谷口兩學士の冷剛鑄物の研究の如き何れも實際工業を利益すること大なりと信じます。(了)

(便宜上種々の單位を混用せることを謝す)

ニッケル、クロム鋼の焼入温度 冷却速度と硬度との關係

佐々川 清

Hardness Change of some Nickel-Chrome Steels by the hardening temperature and cooling velocity.

Kiyoshi Sasagawa

The hardness of the quenched steel depends on the hardening temperature and the cooling velocity. when a steel is heated to high temperature above The critical range and cooled rapidly, the hardness increase with the hardening temperature until the maximum point and decrease gradually. This phenomene is observed more clearly in the case of Nickel Chrome steels rather than Carbon Steels.

Hardness measurement is taken on 4 Steels of different contents of Nickel and Chrome, quenched from various temperatures between 700°C and 1.200°C The hardness Curves connected to the quenching temperature and cooling velocity are traced, and the fonctional relations between chemical composition, hardness, quenching temperature and cooling velocity are described.

概 概

本報告は炭素鋼、ニッケル鋼、ニッケル、クロム鋼につきて種々の焼入温度及び冷却速度の下に熱処理を行ひ、硬度を測定し、各種鋼につきて硬度、焼入温度、冷却速度の三つの綜合關係を曲線圖に表はし、其の特有性質を比較研究せるものなり。

緒 言

鋼を焼入する場合其の硬度は焼入温度及び冷却速度に影響せられ、冷却速度大なる場合には焼入温度變態點以上なる時急激なる硬度の増加を見る、冷却速度極めて大なる時は焼入温度の上昇につれ却つて硬度の減少を來す事あり、此の事實は炭素鋼よりも「ニッケル、クロム」の含有量高き鋼に於て著しきものなり。

本報告にはニッケル、クロム含有量異なる4種の鋼を攝氏 700° 以上 1,200° に到る各種の温度に熱し之を速度を異にして冷却しブリネル硬度を測定し、先づ焼入温度と硬度との關係曲線を求め次に此の曲線によりて焼入温度と冷却速度とを兩軸に採りたる硬度の等高線を書き、焼入温度と冷却速度がニッケル、クロム鋼の硬度に及ぼす關係を明かにせり。

1. 試材分析成分

實驗に使用せる鋼材の化學成分次の如し。

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
1	0.23	0.15	0.66	0.034	0.019	0.31	—	—
2	0.24	0.23	0.50	0.033	0.029	1.79	0.33	0.23
3	0.50	0.21	0.33	0.024	0.012	4.08	1.14	0.26
4	0.48	0.31	0.44	0.026	0.033	3.77	2.12	0.14

1. は軟鋼 2. はニッケル 1.8% 鋼、3. はニッケル 4% クロム 1% 鋼、4. はニッケル 3.8% クロム 2% 鋼なり。

實驗に供せる試片は何れも 1" 角、高さ 1/2" 時にして總て先づ 900° に 30 分間熱し爐中冷却を施せり。

2. 實驗操作

ノルマライズせる試料は 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1,000, 1,100 及び 1,200° の各種温度に各各 30 分間保熱後冷却せり、冷却方法は水中冷却、油中冷却、空中放冷及び爐中冷却とす、各冷却速度は充分均一ならしむる様努力せり、900° より 400° 迄の冷却速度は次の如し。

	1°C の冷却に要する時間	對數にとれる比
水 中 冷 却	0.016(秒)	1.20

油	中	冷	却	0.046	1.66
空	中	放	冷	0.545	2.74
爐	中	冷	却	6.000	3.78

3. 硬 度 試 験

熱処理を行ひたる試片にてブリネル式硬度數を測れり、硬球としては Hiltgren 氏の超硬球 (Iron & Steel Institute 1925 I) を用ゐたり、壓力は 3,000kg、壓力を加ふる時間は 15 秒とす。

硬度測定結果は次表の如し。

焼入温度 °C	第 1 鋼				第 2 鋼				第 3 鋼				第 4 鋼			
	水中冷却	油中冷却	空中放冷	爐中冷却	水中冷却	油中冷却	空中放冷	爐中冷却	水中冷却	油中冷却	空中放冷	爐中冷却	水中冷却	油中冷却	空中放冷	爐中冷却
700	177	149	131	131	181	170	161	163	341	302	298	295	345	331	321	302
	174	148	130	130	180	169	"	"	"	300	"	293	"	"	"	"
750	200	172	143	131	371	324	185	163	578	514	477	341	555	423	388	317
	197	171	140	"	"	"	183	164	"	"	"	343	"	"	"	"
800	298	178	145	135	444	426	187	169	621	601	555	444	622	622	555	477
	291	177	141	137	"	"	185	167	"	"	"	"	"	"	"	"
850	415	204	151	131	454	415	207	167	623	627	578	555	622	637	601	582
	410	202	150	133	"	"	"	166	"	"	"	"	"	"	"	"
900	426	207	154	133	457	388	210	170	621	642	601	582	632	654	601	601
	448	210	152	131	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
950	448	207	152	131	444	388	203	173	611	621	595	573	601	622	578	601
	432	210	151	133	"	390	202	170	"	"	"	"	"	"	"	"
1000	441	207	149	135	426	359	207	172	595	582	555	500	573	617	555	575
	429	"	150	133	"	"	208	170	"	"	"	"	"	"	"	"
1100	337	187	144	131	388	341	197	170	514	555	514	426	555	555	514	514
	341	190	146	129	"	"	199	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1200	321	197	144	126	363	285	207	170	485	477	464	363	477	477	472	444
	317	199	143	125	"	282	205	167	"	"	"	"	"	"	"	"

4. 硬度測定によりて得らるゝ種々の曲線

(A) 硬度焼入温度関係曲線

附圖第一、第四、第七及び第十圖は焼入温度と硬度との關係を示す、横軸には焼入温度、縦軸にはブリネル硬度數をとれり、圖によりて見るに第 1、第 2 鋼に於ては爐冷、空冷共に焼入温度の上昇による硬度の増加殆ど無きも、油冷、水冷にては變態點を超へて硬度の増加著し焼入温度 900° を超ゆるに及び硬度次第に減少す。

第3、第4鋼に於ては爐冷と雖も變態點以上より冷却すれば硬度甚だ高し、即ちニッケル、クロム等の含有による所謂自硬性あることを示すものなり。

第3、第4に於ては硬度數の最大値を有する温度は爐冷、空冷、油冷、水冷と冷却速度早くなるに従つて焼入温度低き方即ち變態點に近づき又冷却速度大なる程最大硬度數大なり、但水冷のものゝ最大値は油冷のものより却つて低し。

(B) 硬度、冷却速度關係曲線

附圖第二、第五、第八及び第十一圖は冷却速度と硬度との關係を示す、縦軸には硬度數、横軸には冷却速度をとる、冷却速度を示すに 1° の冷却に要する時間を採れるにより原點に近き程冷却速度大にして、數値大なるは却つて冷却速度遅きことを示す。冷却速度は圖示の便宜上 1° の冷却に要する時間の對數の比を用ゐたり、即ち曲線は各焼入温度に於ける硬度を冷却速度の函數としたるものなり。

第1、第2鋼に於て曲線は略ぼ雙曲線的なるも、第3、第4にては不規則なり、第3、第4中或温度のものは冷却速度遅き程却つて硬度大なり。

(C) 焼入温度と冷却速度とを兩軸に持てる硬度の同高線

第三、第六、第九及び第十二圖は前述2種の曲線を元として畫きたる硬度の同高曲線なり、横軸は焼入温度にして縦軸は冷却速度を示す、冷却速度は前述せると同じく圖示の便宜上 1° の冷却に要する時間の對數の比を用ゐたり。

曲線は焼入温度と冷却速度との函數として得らるゝ鋼材の同じ硬度數を表はす、斯の如き圖示法によれば同一材質にて或硬度を得るに要する焼入温度及び冷却速度を容易に知り得、又化學的成分の材質に及ぼす影響を著しく表はし得。

4圖を比較すれば炭素鋼とニッケル鋼、ニッケル、クロム鋼の機械的性質の區別を明白に見得。

炭素鋼に於て 850 乃至 $1,000^\circ$ にて水冷すれば約 400 の硬度を得るも冷却速度少し遅ければ硬度は急激に下る。

ニッケル鋼の硬度の同高曲線は炭素鋼のそれと著しく異り、高温度より緩冷するも低温急冷程柔軟に爲すにつれ、ニッケル、クロム鋼に於ては曲線の形前2者と全く異なり同高曲線は 850 乃至 $1,000^\circ$ の中央部、冷却速度に關係なく著しく高く、それより以下及び以上の温度にて同じ硬度の曲線を見る、最高硬度を有する帯は或温度、或冷却速度の範圍にあること明白なりクロム含有量多き第4鋼に於ては此の事實更に著しく、水冷の如き急激なる冷却をなす時は却つて最大硬度を得ざる場合あるを知る。

5. 檢鏡試験

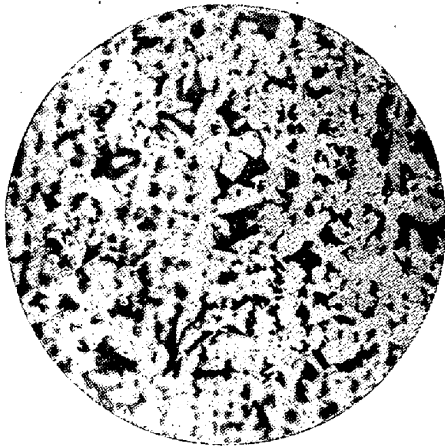
硬度の同高曲線圖中黑點を附せる箇所に相當する試片を磨きて顯微鏡組織を検せり、寫眞第一乃至第十七は之なり、第1鋼に於て硬度最大なる 950° 水冷はマルテンサイト組織なるも硬度少なき部分はパーライトとフェライト組織よりなる。 $1,200^\circ$ 油冷のものは粒子大にして境界面並に壁開面にフェ

ライトの發達せるを見る。

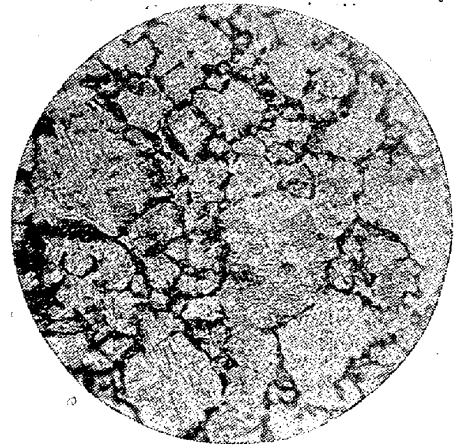
第2 にも其の區別を明かに見らる、第3、第4 に於て最も硬度高きものにては(第3 の 900° 油冷) (第4 の 850° 水冷) マルテンサイト組織緻密なり、1,200° 油冷のものは粒子の形状極めて粗大なり、第4 鋼に於て 850° 水冷よりも硬度高き 900° 油冷のものは前者より組織更に緻密なるを見る。

前述せる硬度の同高曲線に於て高温と低温焼入にて同じ硬度を有するものも、其の組織に於ては全然異りたるものなる事は檢鏡によりても明かなり。

第 1 鋼



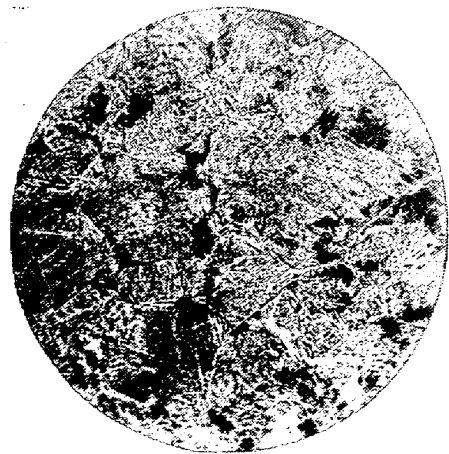
第一 950°C 爐中冷却 約×60



第二 950°C 水中冷却 約×60

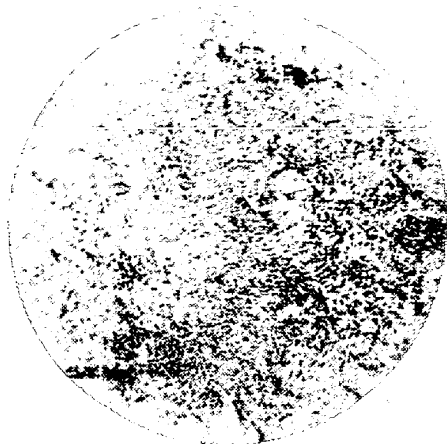


第三 700°C 油中冷却 約×60

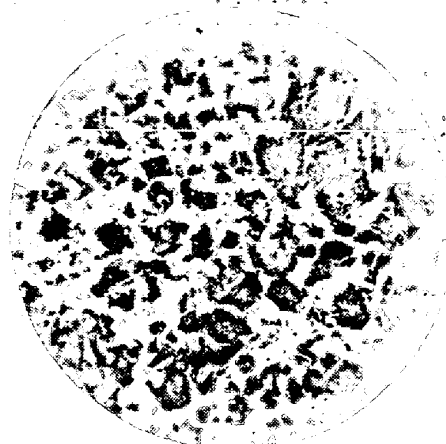


第四 1,200°C 油中冷却 約×60

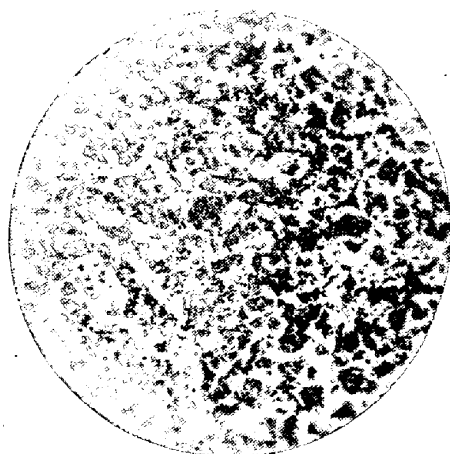
第 2 鋼



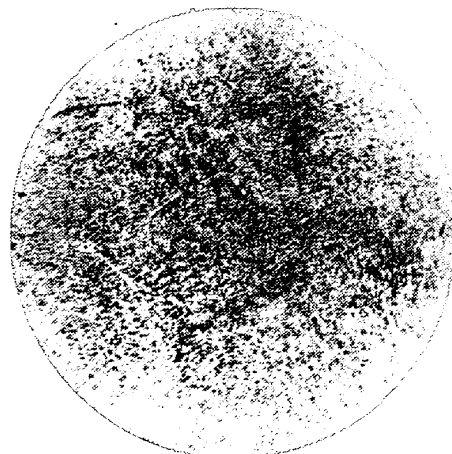
第五 850°C 水中冷却
約×60



第六 950°C 爐中冷却
約×60

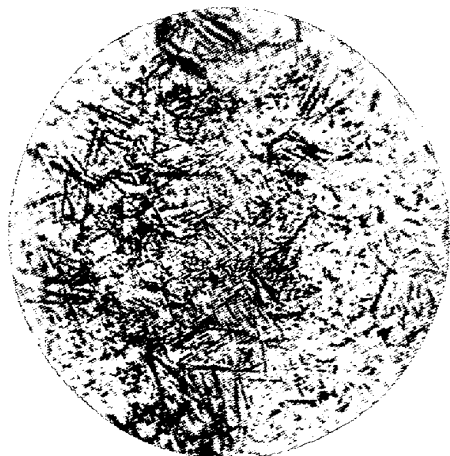


第七 700°C 油中冷却
約×60

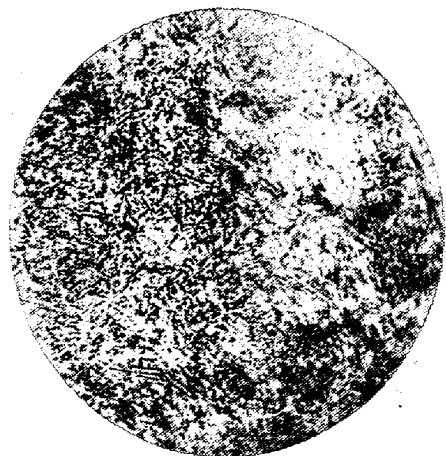


第八 1,200°C 油中冷却
約×60

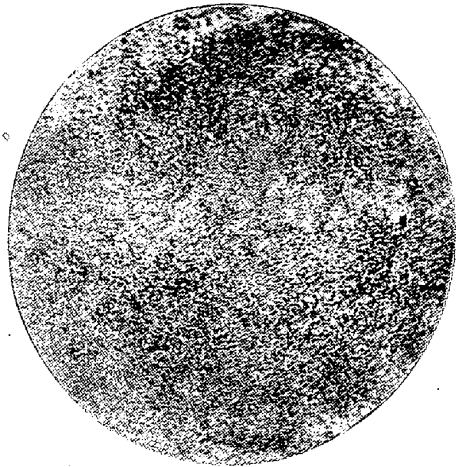
第 3 鋼



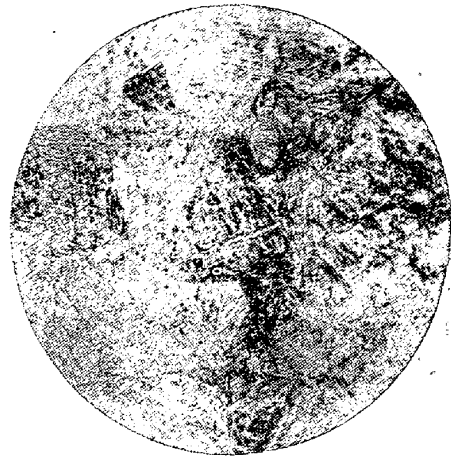
第九 900°C 爐中冷却
約×240



第十 900°C 油中冷却
約×240

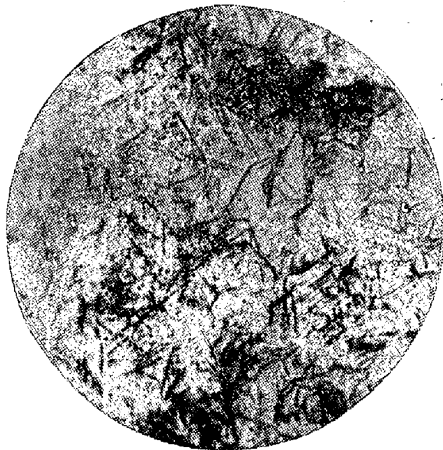


第十一 700°C 油中冷却
約×240

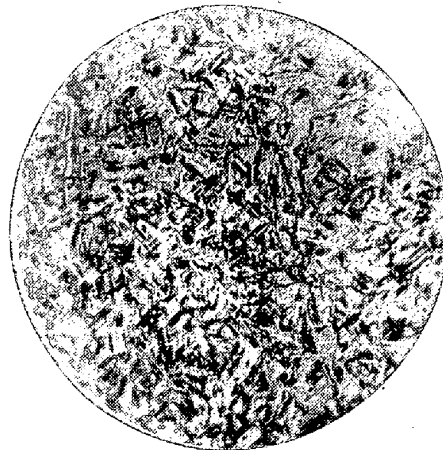


第十二 1,200°C 油中冷却
約×60

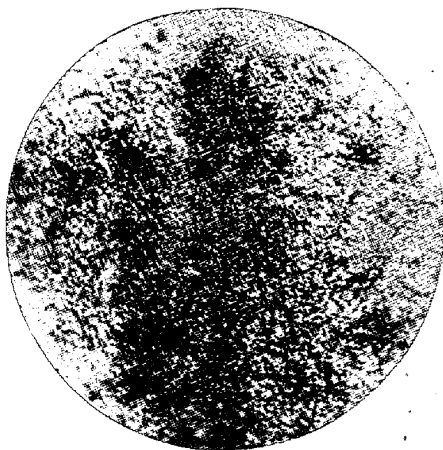
第 4 鋼



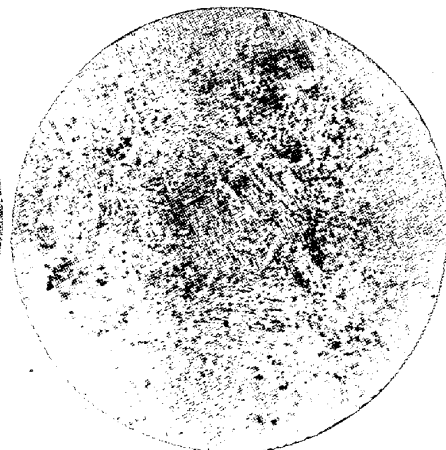
第十三 850°C 爐中冷却
約×240



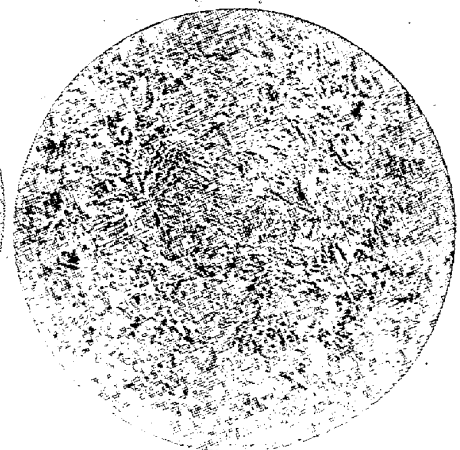
第十四 850°C 水中冷却
約×240



第十五 700°C 油中冷却
約×240



第十六 1,200°C 油中冷却
約×60



第十七 900°C 油中冷却
約×60

