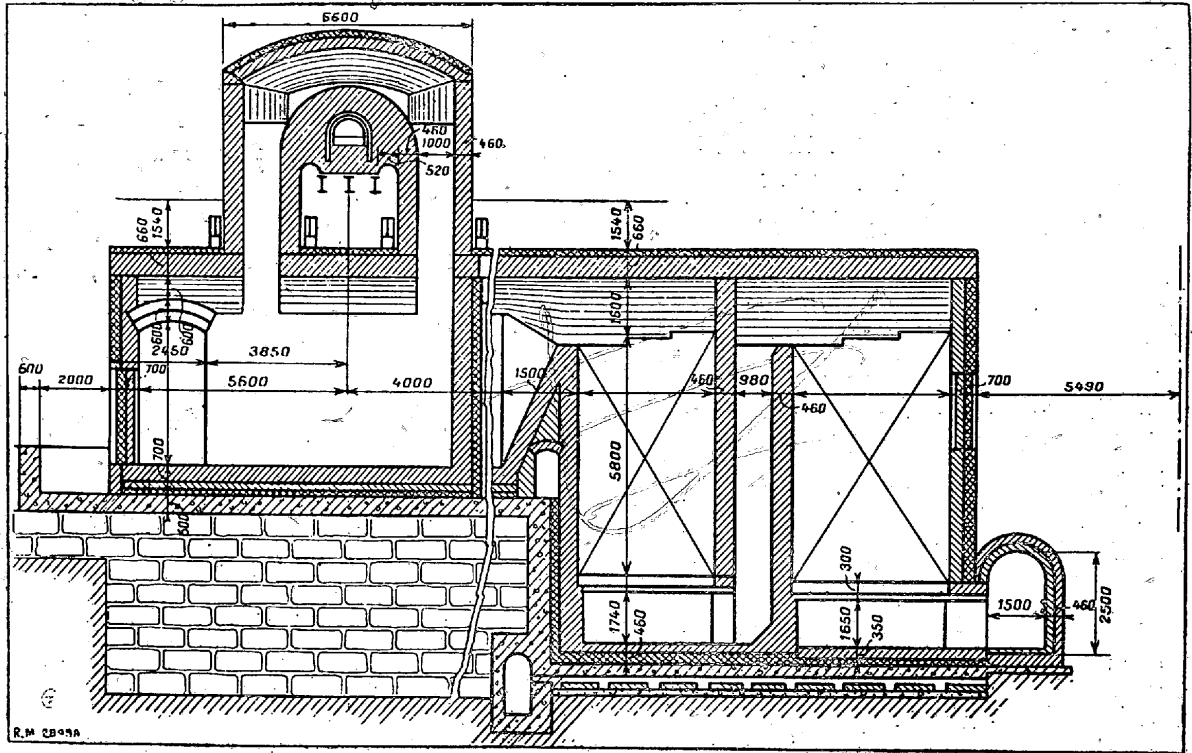


48 x 3 / 鋼 = 14.88 鋼



第6圖 除塵室と蓄熱室との横断面

(J. Sémikine (V-2, VII-2), ((Teoria i praktika metallurgii)), (édition soviétique), n° 1, 12~24 (1937); Léon Dlougatch, Revue de Métallurgie, Extraits, 36 (1939), n° 2, 71~75)

### 鋼の選擇に必要な冶金學上の要素

ゴールドン・テ・ウィリアムス

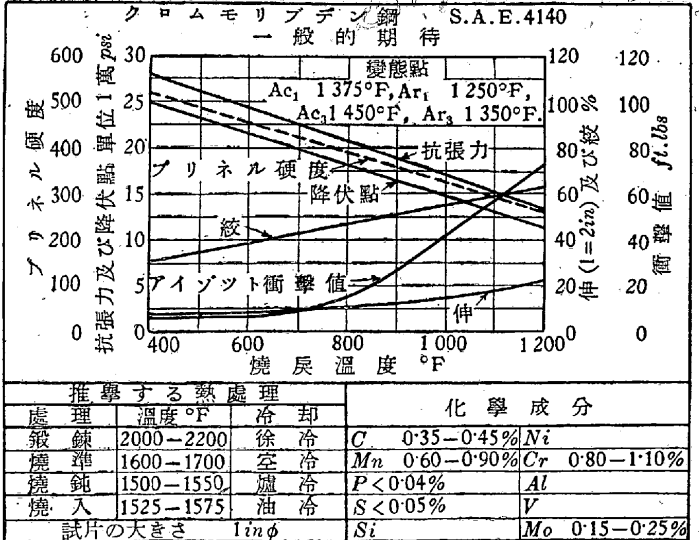
1941年初期に三市の支社にて連続講話した時の論説は金属の物理試験を行ひ、且その結果を設計者や冶金學者が實際の仕事に適應するや鋼選擇上如何に役立つかに就き一般的な注意を促した。之等物理試験(例へば抗張力、衝擊、疲労、硬度等)を行ふには豫め注意を要する冶金學上の性質が少しはある。

鋼の性質を決定する上に特に悩まされるやうな性質は冶金學上には餘り多くはない。今熱處理、臨界點、臨界速度及び類似語等に就き詳しく語らうとするものではないが、然し之等の事柄は鋼を選擇する時には一應知つて置かねばならぬ。

化學分析は餘り重要でない。それをその儘受け入れるわけに行かないが、鋼の種類(例へばニッケルクロム鋼又は普通炭素鋼を選ばうとも)は非常に重要である。然し第1圖の鋼の加き場合には各種元素が何パーセント等といふことは左程重要ではない。普通ニッケルクロム鋼の許容範圍は Ni 1.0~1.5%, Cr 0.45~0.75% その範圍内で變化させると或る影響を及ぼすがそれは重要なものではなく屢々他の影響により抹殺される。

多くの鋼の内代表的性質に関する一般的資料は鋼會社より提供されてゐる。第1圖は代表的なものである。その圖は所定熱處理即ち火造溫度、焼入、焼準、焼鈍、焼入溫度、試験片の大きさ、臨界點、化學成分(尙屢々使用した特種試験試料の成分)を示す。曲線はブリネル硬度、抗張力、降伏點、伸(2in), 絞, アイゾット衝擊値を示す。之等は焼入溫度により變化す。例へば 1525°~1575°F より油焼入し

22 x 20 = 6.16 鋼



第1圖 適當なる溫度より焼入れ、各種溫度にて焼戻した合金鋼機械的性質の一般的例  
Climax Molybdenum Co. 提供

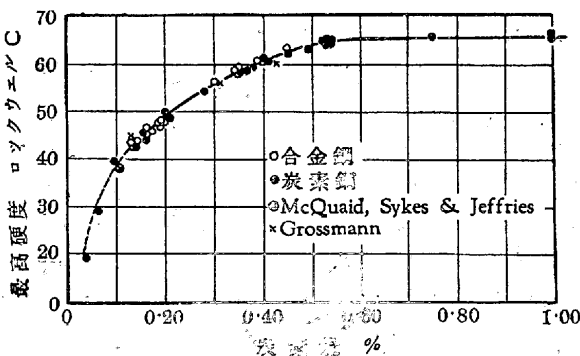
次に 800°F より焼戻後、絞は約 47%, 伸約 12%, アイゾット衝擊値約 15 ft.lbs である。 1 in φ の中心 0.5 in に於ける性質もその焼

戻温度によりわかる。若し或る抗張力又は降伏点を知り度い場合にはそれに對應する他の性質及び熱處理法もわかる。

普通降伏点、比例限界、硬度は所要の程度まで歪みを起さない金属を選出せんとする場合用ひられる。硬度は抗張力の函数であるが表に因れば他の性質に因つても變る故次の問題として考慮されねばならぬ。S. A. E. 4140 の鋼が良くない時には化學成分を變更することにより改良され得るかも知れない。

鋼の種類及び成分が選擇された後にも尙尙附隨元素による悩みがある。硫黄及び磷は化學成分を規定する上には重要な元素ではない。之等は鋼の強さ及び脆性を増す。即ち切削性を増進するので之等を添加する場合がありますが實際には極く僅か靱性及び延性を害する。

炭素は鋼中最も重要な元素で、第2圖にその理由を示す。圖には普通炭素鋼及び合金鋼の最高硬度値が表はされてゐる。炭素含有量により硬度を表して居るが、最高硬度値の同じ金属を焼入する場合には同曲線上に硬度が来る。最高有効硬度は炭素含有量により變るといふことは肝要な點である。此處に言ふ有効硬度とはその鋼の最高硬度を得るには硬化性を改良せねばならぬかも知れぬが改良後は炭素鋼の優秀な硬度に達し得るやうな硬度である。



第2圖 鋼材に得らるべき最大硬度は普通含有さる程度の合金元素量よりも寧ろ炭素量に關係することを示す。

マンガンは多分炭素に次で重要な元素である。マンガンは何れの鋼にも約 0.30~0.90%、普通炭素鋼でも同程度ある。S. A. E. 合金鋼の或るものは最高マンガン 1.90% がある。マンガンは最も安價な合金元素であると云はれてゐる。

凡て普通の合金鋼は概略同じ物理的性質を表はす故熱處理上鋼の選擇の基礎たる合金元素に就ては合金の種類が相對的に重要でないことを示す時後述しよう。鋼選擇の基礎には合金成分よりも何か外になければならぬ。

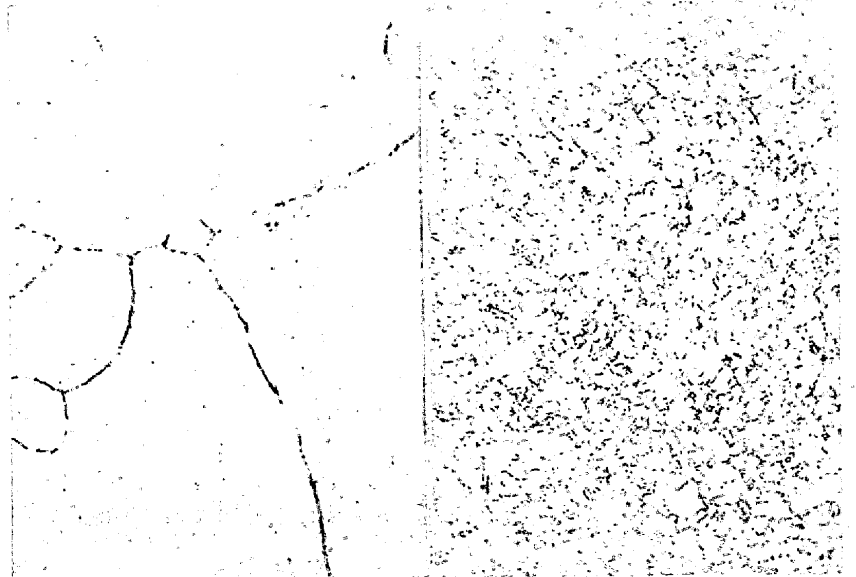
炭素鋼及び合金鋼の試験片に於て殘餘元素のパーセントが高いのがある。鋼がそれであり、屑鐵を多く用ひた平鋼の代表的成分は 0.15~0.20% Cu を示す。今日まで鋼中の銅が除却されなかつたことは遺憾である。マンガンは非常に要求さるにも不拘錆滓へ速かに失はれる。鋼は特に欲してゐないが除却することが出来ない。

鋼中のガスは重要ではあるが鋼の性質を左右するものでない(硫黄及び磷は重要であり且鋼の性質を左右する)。酸素、窒素及び水素等の含有ガスの影響は寧ろ未だ確かでない。僅か最近の内に之等の

ガスが害をなしてゐることを表示し得る。程度迄試験技術が進歩した。その鋼に及ぼす影響は次の如し。

粒子大きさの調整

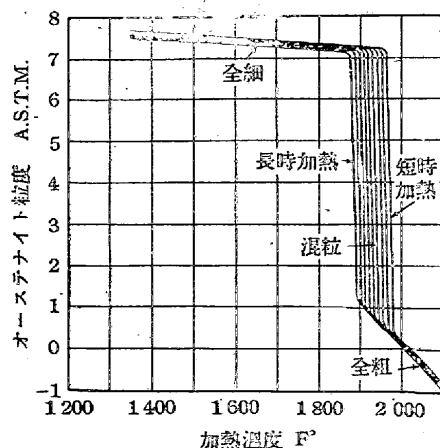
鋼を熱處理する上に最も重要な要點は粒子の大きさである。即



第3圖 鋼中の廣範圍に亙る粒度の變化を示す。試片は粒界の炭化物を腐蝕着色せり。左は S. A. E. 1015 鋼(炭素鋼)を 1700°F に長時間加熱したもの。右は左と同一炭素量の極細粒=ツケルモリブデン鋼即ち S. A. E. 4615 鋼である(Grossmann 氏 "Heat Treatment")。倍率×100

ち粒子の大きさは鋼片が加熱される最高温度にて形成する極微結晶體の大きさを意味する。この意味に於て粒子の大きさは亦粒子の成長が初まる温度にも關係がある。第3圖は大小の粒子を100倍にて示してゐる。この例は極端なものであるが鋼品質の選擇にはこの粒子の大きさは冶金學上非常に重要な要素であると云ふことは記憶すべきである。

鋼の粒子の大きさを變へる事は一般に公開されてゐる。かく處理した鋼は直ちに有効で多くの會社が今日之を用ひてゐる。1400°F に加熱後微粒子となつた或る鋼(A. S. T. M. No. 7)がそれ以上の高温になると時間と共に段々粗悪となり遂には約 2000°F で粒子の大きさ零になる。之に反して若し温度上昇が適當になきれるとアルミニウム鋼は約 2000°F まで充分に元の微粒子を維持し急に粗悪になる。E. C. Bain の良本「鋼の合金元素の影響」より採録せる第4圖は 1800°F より少しだけ低い温度の特殊鋼は微粒子を維持して居ることを示す。極く僅か粗悪となる(A. S. T. M. 一番程でない)。

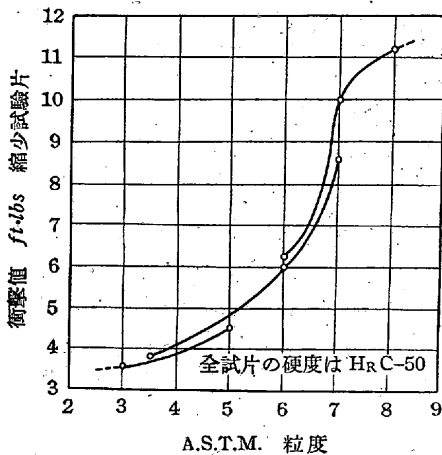


第4圖 アルミニウムを以て處理した鋼は高温に於て急激なる粒の生長を行ふを示す(Bain による)。

それをより温度が時間と共に上昇すると粗悪となり 1900°F で完全に粗悪となる。その鋼には或る温度で粒子の大きさが規則正しくなる或る種の阻害影響がある。即ち一度その温度に到達すると鋼の粒子は直に成長する。何故粒子の大きさに興

味があるか、それには充分な理由がある。即ち次の三つは多分最も重要である。

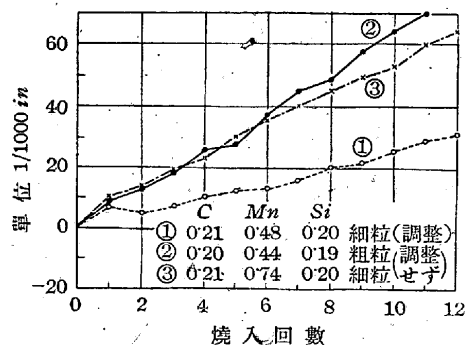
1. 細粒の鋼は高硬度でも良い靱性を示す。第5圖は粒子の大きき No. 2~8 に熱処理後衝撃試験を行った時の試験結果を示す。叩



第5圖 硬度ロックウェル C-50 に熱処理した縮少試験片の衝撃破壊に要するエネルギーと一次オーステナイト粒度との比例 (粒子の大ききを調整せる鋼は反曲しないことを示す。第6圖は焼入回数對反曲即ち合衆國海軍仕様書で使用するC試験標本の外徑を基として測定した歪みを記録してある。一定種別 (0.40C) 及び嚴密

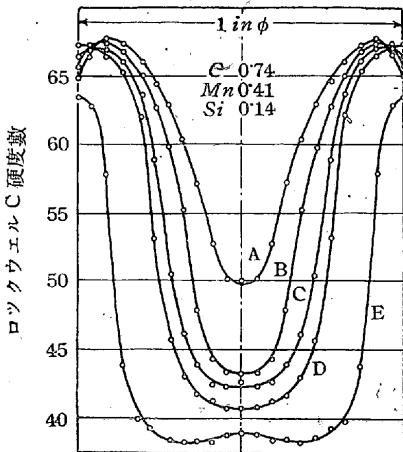
封度の衝撃値は切欠のない棒を使用して記録された。それは切欠のある棒を使用すると値が餘り低からである。粗惡な鋼 (粒度 No. 3) は 3.5 ft-lbs, No. 5 は 5 ft-lbs, No. 7 は 9 ft-lbs であつた。これは代表的なもので特殊の場合のものではない。

2. 第6圖の如



第6圖 粒度を調整せる鋼は否らざる鋼よりも反曲すること少い。(Carnegie "Controlled Carbon Steels" より)

	A	B	C	D	E
焼入温度 °F	1800	1700	1575	1450	1375
粒度 (平均)	2	3	3.5	4	5



第7圖 1 in φ の 0.75% C 炭素鋼の焼入性に及ぼすオーステナイト粒度の影響 (Bain 氏による)

に同量の炭素及び珪素の成分をもつ三つの鋼を試験した。試験片の一つは細粒で調整されており、他の二つは調整されない鋼でその内一つは焼入温度内では細粒で他は粗粒であつた。焼入回数 2~12 の間において C 試験標本の自由端に於ける調整された鋼の捩れは調整されない鋼の半分よりも少くなかつたことは注意に値する。

3. 他方粗粒鋼は一層よく硬化される。ブアイン氏は、1 in φ の端より中心までの硬度が粒子の大きさにより如何に變化するかを示すため第7圖に與へてある。鋼の焼入温度及び他要素は一定

にされてゐる。急速に焼入温度に達しないやうに注意しながら種々の温度に加熱してそれに対応する各粒子の大ききを形成する。粒度 No. 2 の棒は中心硬度 C-50, No. 5 は僅かに C-38 を得た。製鋼所で或る種の微量含有物を上手に配分すれば粒子の調整は可能である。購買者は特に粒子の大ききを規定せねばならぬが調整された粒度の鋼は直ちに使用される。熱処理用の高炭素鋼は粒度を調整され粒度の限度が決められてゐる。殆ど凡ての合金鋼は粒度は調整されてゐる。

鋼中の不純物は粒子の大きさの調整には非常に必要であるやうに思はれる。切削性を改良するには硫黄及び磷のパーセントを調節すれば出来る。不純物は弱點として鋼に作用するので切屑が容易に離れる。切削性又は粒子の調整に必要でない不純物は脆性を増す故、可能なる限り除かれるべきであらう。航空機工業はこの不純物内容即ち使用鋼の不純物含有割合に就て非常に問題にしてゐる。その理由は操縦者及び乗客の安全度を非常に高度に要求され、而も設計も餘分の金属が使用されないやうに洗練されねばならぬからである。

不純物は或る他の形式の切欠き即ち内部切欠きに似てゐて軟鋼よりも硬鋼の方に大なる損害を與へる。これを數値に變へ、衝撃及び疲労試験の前論説における龜裂に就て説明すれば明かである。不純物は鋼中に龜裂を生ずるために内力を増す。即ち、斯様な龜裂は相當の程度まで内力が増すと容易に起る。例へば齒車のピッチ線に起るであらう (内力が既に高くなつて居るのでそれ以上内力が集中すれば龜裂が起る)。

### 硬化性

「硬化性」は現今の冶金學上の問題として盛んに叫ばれてゐる。最近化學成分及び粒子の調整等は發達して來た。何んな熱処理法が現今要求されてゐるかといふことに就き特記しようと思ふ。それは多年討議され最近三四年は特に強調されて來た。さうして現在では特記し得るやうな良好な試験成績が得られつゝあるやうに思はれる。

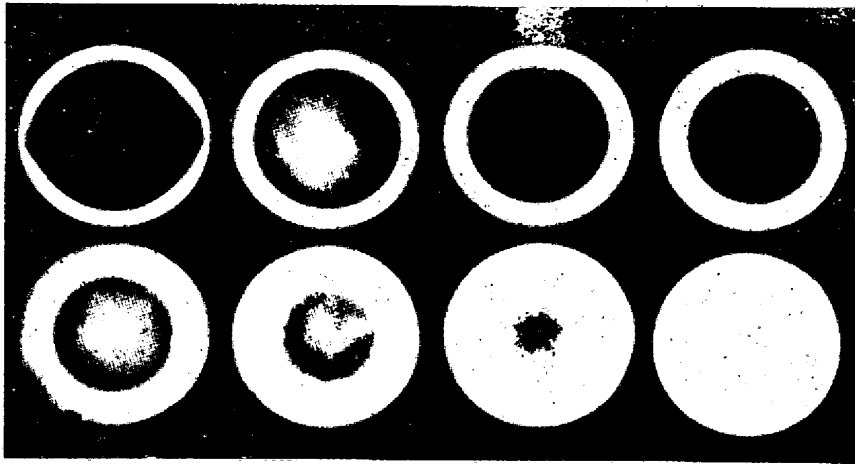
現今の概念が全く基礎となるものである。硬化性とは鋼の臨界冷却速度 (即ち鋼を焼入せんがために冷却せねばならぬ速度) の或る表現法である。良品質を必要としないが全面が良く焼入されることを欲する場合には硬化性を基として説明せねばならぬ。鋼が種々の硬化性を得るためには空冷、水焼入、又油焼入を必要とし厚さの異なる鋼は中心まで正確な焼入速度で冷却されねばならぬ。

硬化性を検討するには次の2つの基礎的方法がある。即ち、

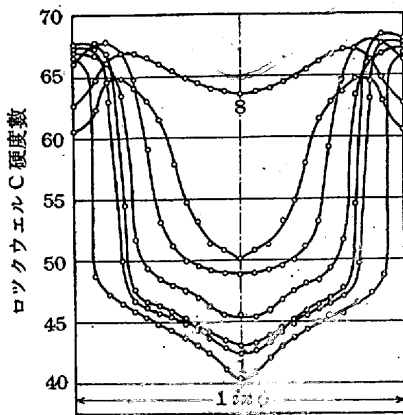
1. 試験片を焼入硬度分布状態 (第7圖) を見ること。この分布状態の各點を比較すれば硬化性の變化が分かるであらう。
2. 直徑の異なる試験片又は一定寸法の試験片を検討すること。これを行ふためには 1 in φ のものが一番便利で標準焼入の場合如何に焼入されて居るか否かを見る事が出来る。第8圖は硬化性の異なる8種類の試験片の断面を示す。之等は 1 in φ の材料を焼入後切斷し、焼入された縁及び中心部を示さんために腐蝕させた。之等は少しの厚みづゝ變化してゐて、代表的な刃物用炭素鋼が完全に焼入されてゐる。

第9圖は之等の鋼の硬度分布状態を示す。第8圖に全面が完全に焼入されてゐるものが示してある。1 in φ の材料の中心のロックウェル硬度は約 C-63 を示す。焼入度の少くない No. 1 は表面約 C-67 で 1/32 in 内の所は C-50 に低下し、中心は C-40 位に下る。

かくの如き硬度試験は鋼には非常に大切であつてこれがもつと大きな材料に就て試験されて居れば焼入表面を焼戻さず又長時間經ずしては切削が困難であるやうな焼入鋼の切削の問題等その應用に制

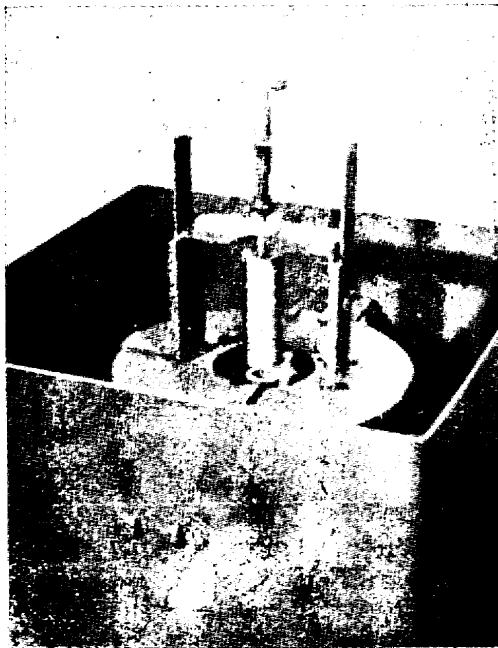


第8圖 炭素鋼の1inφ棒の一群、焼入、切斷、輕度腐蝕、軟き中心を示す。1つは完全に焼入されてゐる。(Bain)



第9圖 第8圖に示した8試料鋼の横方向硬度の分布

限がない。  
硬化性を決める他の方法は1inφの材料を焼入温度まで加熱し次に底面のみを噴水を僅か當て、焼入れる方法である。その結果試験片の側面に沿ひ種々の冷却速度を持ち、その冷却速度の大小は噴水による冷却から空冷に至る全範囲に互り硬度の測定に依つて表はし得る。これは廣範圍の試験であるがその結果は全體に焼入された材料の試験及び實際の部分加工等に關聯し得る。これに就ては讀者はMetal Progress誌 Nov. 1940, p.685及び April 1941 p. 447にあるWalter Jominy氏の論說「觀念の發起人」を参考とせよ。

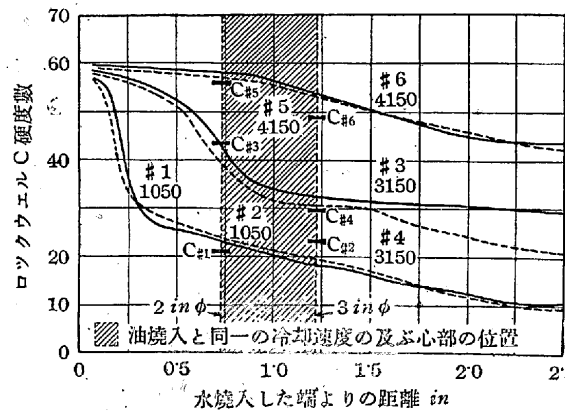


第10圖 端焼入試験装置

斯様な相互關係が第11圖に示されてゐる。之はロツクウェルC硬度を水冷却點よりの距離で示してゐる。S. A. E. 4150 (No. 5及び No. 6)の2本の棒を試験して冷却速度が殆ど空冷と見做し

得る位の2.5in離れた所でさへ、硬度は僅かにC-42に下るだけである。S. A. E. 3150の2つの温度には幾らか差があるが1.5inの所の硬度はC-30で2.5inでは僅かにC-20~30に下がる。普通炭素鋼の1050番のこの温度では1/4in以内では如何に硬度が急速に低下するか注意せよ(これにより之等材料の全部細粒鋼である)。

試験片の中心の冷却速度との關係は General Motors 研究所の Jominy 氏により確立せられ彼は垂直な點線を第11圖に與へてゐる。水冷却點より3/4inの冷却速度は油焼入の2inφの鋼の中心の冷却速度と同じである。2inの種々の鋼を加熱し、油焼入後断面及び中心の硬度を求めた。之等黒い交互線は明かに中心硬度を表はす。即ち再試験より得た數値とこの試験結果が如何によく一



致してゐるかに注目せよ。冷却速度同じ場合水冷却點より1.25inの點は油焼入

第11圖 Jominy Test に於ける一端焼入の側面硬度

の3inφの鋼の中心硬度である。比較のために交互線を引いたがこゝでは餘り良くはないがそれでも非常に良い相互關係を示してゐる外の重要なことを指摘しよう。即ち特殊鋼の歯車又は軸を作りその軸の或る點のロツクウェル硬度がC-50であり、次に Jominy 氏の硬化性試験により水冷却點より1.56inの硬度C-50であると知る。その場合には鋼が同種であるならば他の鋼が Jominy 氏の硬化性試験により水冷却點より1.56inでC-50の硬度を得れば同程度に焼入されて居ることがわかる。

下表は著者の實験に關係ある種々なる方面より採録せるものにして焼入が完全になされ得る棒の大きさを表はす。表記の焼入によると中心の最低ロツクウェル硬度C-50になるであらう。

全断面焼入可能なる棒材の寸法(中心部 HRC>50)

S. A. E.	水焼入	油焼入	S. A. E.	水焼入	油焼入
1050	3/4~1"	"	3130	1 1/8	9/16
1330	1 1/4	1 1/16	3140	1 5/8	1
1340	1 1/4	1 1/16	X 3140	2 1/2	1 3/4
2330	1	1/2	4150	3 1/2	2 1/2
2340	1 3/8	7/8	4340	6+	4
5130	1	1/2	6150	1 3/8	7/8
5145	1 1/2	7/8	3240	4	3

之等は可成り興味ある數値で特に試験片とこの數値とが相關聯する場合に興味がある。S. A. E. 2340(4150以上)は焼入不可であることがわかる(4150番で得た物理的性質が丁度良いのであると云ふ事も最近の論說を見ればわかる)。1300番の鋼の焼入深さは特に3~5%のニツケルクロム鋼に類似してゐる。以上より鋼の選擇に當つては細心の注意を怠つてはならぬと教へてゐる。我々は有效な性質を最も増進するやう心掛けて居るが値段が高くなるのが鋼が良くなつたと云ふ事を意味するものではない。

(Williams, G. T.: Metallurgical Factors in the Selection of Steels. Metal Progress 39 (1941) 721~726. June issue)