

高炭素低クロム鋼の $A_{r''}$ に於ける変態機構について

小野 健二* 根本 正**

On the Transformation Mechanism of Low Chromium Steel with High Carbon at the Parge of $A_{r''}$ Transformation Temperature

By Kenji Ono, Tadashi Nemoto
Hitachi Laboratory, Hitachi, Ltd.

Abstract

The writers probed the transformation process of Cr steel (0.8% C, 1.8% Cr) and Cr Mo steel (0.8% C, 1.8% Cr, 0.2% Mo) at martensite range and residual austenite (γ_R) by means of magnetic analysis, and reached the following conclusions:

- (1) The transformation rate of Cr steel is faster than that of Cr-Mo steel.
- (2) At the end of $A_{r'}$ transformation process a large amount of residual austenite remains.
- (3) The γ M transformation temperature, on cooling from $A_{r''}$ range, is lowered as the holding time at isothermal transformation is lengthened.
- (4) The temperature at which decomposition of residual austenite begins on heating is also lowered as the holding time at isothermal transformation is increased.
- (5) The results of the experiments indicate the $A_{r''}$ transformation is accompanied by diffusion and oimmigration of carbon.

[I] 緒 言

高炭素低クロム鋼は硬化せられてロール、磁石、車軸或は工具等に使用されるが、大型或は形状の複雑なものでは焼入れに際し、変態歪、熱応力及び残留オーステナイト（以下 γ_R と稱す）等により割れを生じ易い。著者等はこの γ_R が焼入条件によつて量的に相違する事實を究明する目的で高炭素低クロム及び高炭素低クロム・モリブテン鋼について $A_{r''}$ 変態の機構及び Cr について磁氣的に研究を行つた。

[II] 試料及び実験

(1) 試料 Cr 鋼は電解鐵、フェロクロム及び電解鐵を用いて溶製した白鉄を配合し 60 kVA 高周波電氣爐により 10 kg 鋼塊を溶製した。又 Cr-Mo 鋼はエル一式電氣爐により溶製した Cr-Mo 鋼の一部より採取した。第1表はこれらの組成を示す。

第1表 試料の化學成分(%)

Table 1 Chemical Composition of Samples (%)

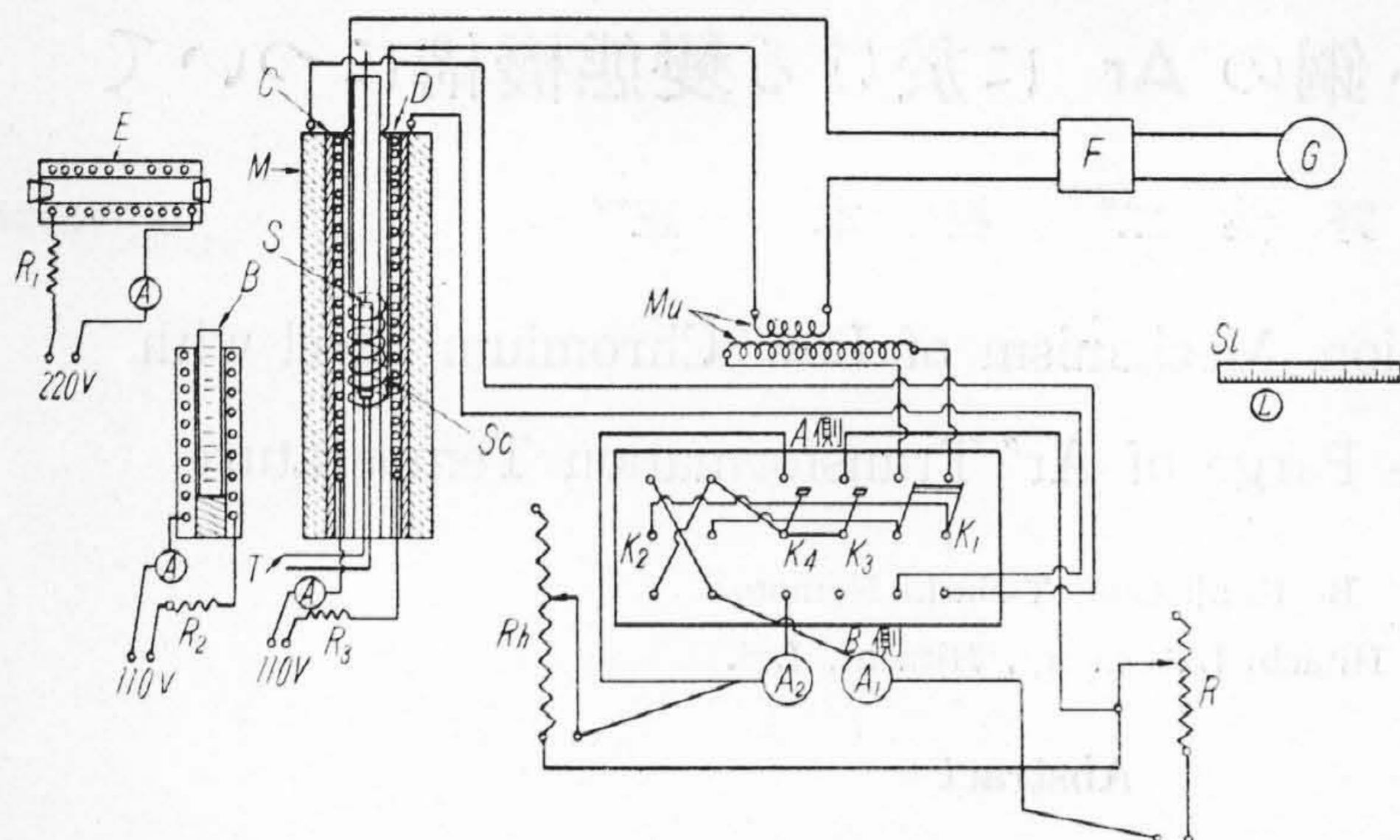
種 別	C	Si	Mn	Cr	Mo
Cr 鋼	0.93	0.43	0.36	1.78	—
Cr-Mo 鋼	0.82	0.32	0.51	1.86	0.22

これら試料を 8φ に鍛伸後 6φ に伸線してから焼準し 4φ×70 l の試験片に作成した。更に真空中で 750~680° の温度範囲の反復加熱及び冷却により炭化物の球状化を行いそれぞれの実験に供した。

(2) 変態点及び結晶粒度の測定 本多式熱膨脹計を用いて変態点を測定した。又學振にて定められた滲炭法により結晶粒度を判定した。

(3) 恒温変態圖の決定 佐藤式自記焼入装置及び恒温磁氣分析装置を用いて真空中で最高加熱温度 850°C に 15 分間保持後 700°C~常温の種々の温度に保たれた鉛浴又は油槽に焼入れを行い各温度に於いて保持時間による $\gamma \rightarrow \alpha$ 変態の進行を膨脹及び磁氣の變化等より求め、

* ** 日立製作所日立研究所



第1圖 磁氣分析装置

E: 電氣爐、B: Pb+Sn 浴 or 油槽、M: 磁化コイル、C: 冷却管、S: 試片、Sc: サーチコイル、T: 熱電對、D: Pt 電氣爐 (Non-Inductive) F: 分流器、G: 檢流計、 $M\mu$: 標準コイル、L: 光源ランプ、Sl: スケール A, A_1 , A_2 : 電流計、R, Rh, R_1 , R_2 , R_3 : 抵抗器、 K_1 , K_2 , K_3 , K_4 : 切換スイッチ

Fig. 1 Apparatus of Magnetic Analysis.

- E: Electric Furnace
- B: Pb+Sn Bath or Oil Bath
- M: Magnetizing Coil
- C: Cooler
- S: Specimen
- Sc: Search Coil
- T: Thermo-Couple
- D: Pt Resistance Furnace (Non-Inductive)
- F: Shunt
- G: Ballistic Galvanometer
- $M\mu$: Standard Coil
- L: Lamp
- Sl: Scale
- A, A_1 , A_2 : Ampere Meter
- R, Rh, R_1 , R_2 , R_3 : Resistance
- K_1 , K_2 , K_3 , K_4 : Switch

又 700~300°C の種々の温度では各温度に一定時間保持後水焼入れを行つた試料につき硬度及び顯微鏡組織を調べて變態の進行状況を求め、以上の結果より恒溫變態圖を決定した。

(4) 磁氣分析 磁氣的に變態の進行状況を知るため第1圖に示す磁氣分析装置を用いた。彈動檢流計法による磁氣測定装置の磁化コイル内に電氣爐を挿入し、その中に耐熱絶縁を施したサーチコイル (Sc) を入れ常溫以上の温度に於ける飽和磁氣 (以下 I_∞ と呼稱す) を測定し得るようにした。その場合の磁場の強さは700エルステッドとした。恒溫變態に於ける磁氣の變化を求める場合は試験片 (4φ×70 l) を電氣爐により真空中で最高加熱温度 850°C に15分間加熱後爐より取出し一旦 B なる油槽 (恒溫變態温度に保持) に15~20秒浸漬してから速やかに磁化コイル内に豫め測定温度に保持せられた白金爐内のサーチコイル (Sc) に挿入せられる。温度は250~100°C とし、各温度に於ける保持時間は30秒~15時間の範圍で温度及び時間による I_∞ の變化と更に冷却

中の I_∞ の變化をも求めた。次に本装置により變態温度を除いたすべての試料並びに水及び油焼入れした試料を 500°C まで加熱及び冷却し、その間に於ける I_∞ の變化を求めた。

[III] 實驗結果

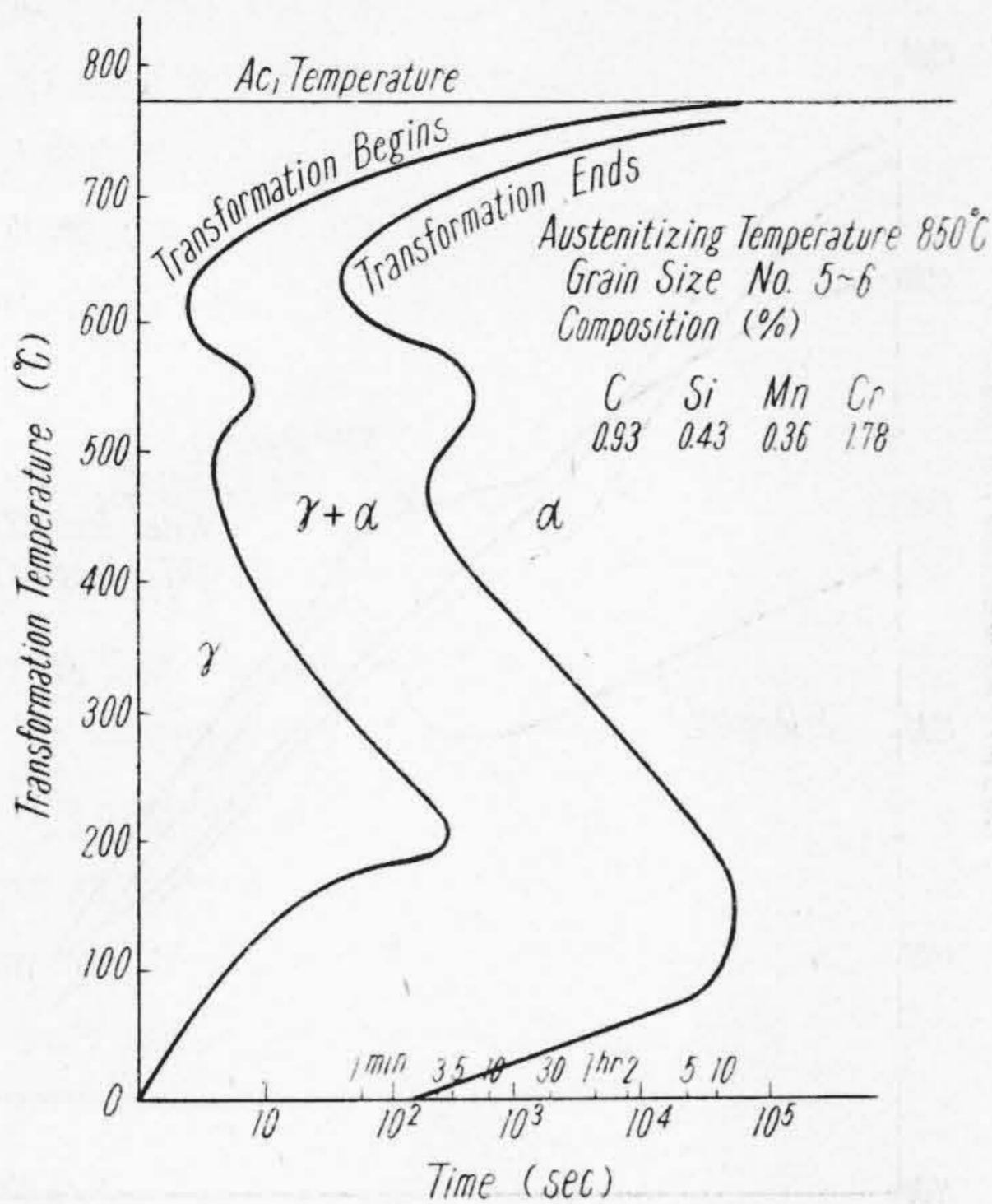
(1) Cr 鋼 第2表は變態點及び結晶粒度を示す。第2圖は恒溫變態圖を示す。實驗データは省略したが、恒溫變態圖に於いて第2表 變態點及び結晶粒度 Table 2 Transformakion point and Austeic Grain Size.

變態 加熱	點 (°C)		結晶粒度
	冷	却	
753~785	713	697	5~6

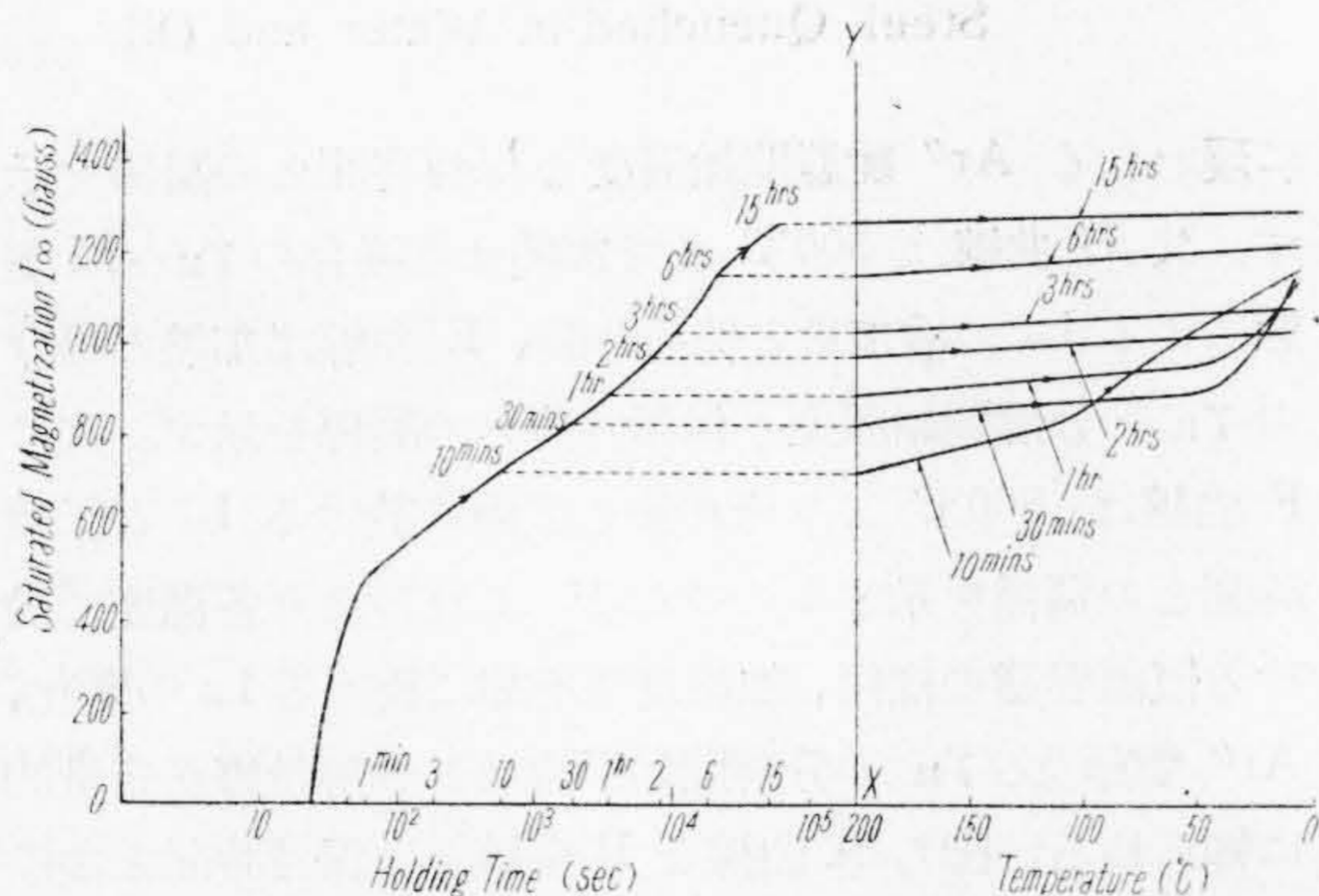
見られるように二段にノーズが現われ、 Ar_1 變態のノーズは Ar' 變態のそれより短時間側にある。又變態温度 250~100°C の下部 Bainite 及び Ar'' 變態温度範圍では變態の開始は概して早い終了時間はおくれることが判る。

次に第3~5圖は 200~100°C

の種々の温度に於ける恒溫磁氣分析結果(左側)並びにそれぞれの温度に各時間保持後爐冷した場合の I_∞ の變化(右側)を示した。圖中横軸は保持時間を表わす。恒溫處理後冷却中に起る磁氣變化は磁氣增加曲線(左側)上の各保持時間に相當する點より横軸に平行に點線を引き、XY軸との交點より右方に實線によつて示した。第3圖は200°C の場合で變態保持時間の増加に伴い I_∞ は増加し15時間で I_∞ は約 1,270 ガウスに達する。又この變態途中の各時間即ち10分、30分、1, 2, 3, 4, 6及び15時間の各種の保持時間よりの冷却中に起る $\gamma \rightarrow M$ 變態は保持時間1時間以内は現われ、これ以上の時間では認められなくなる。又冷却後の常溫に於ける I_∞ は15時間が最大で γ の分解によるマルテンサイトの量は保持時間の長い程大である。一方2時間の場合は I_∞ は最低で γ_R の量は最も多い。次に第4圖は150°C の場合で200°C の場合に比し時間一磁氣曲線の立上りは早く、3時間以上では變態は緩慢となり15時間で I_∞ は1,150 ガウスに達する。保持時間と冷却中に起る $\gamma \rightarrow M$



第2圖 Cr 鋼の恒温変態圖
Fig. 2 Isothermal Transformation Diagram of Cr Steel.

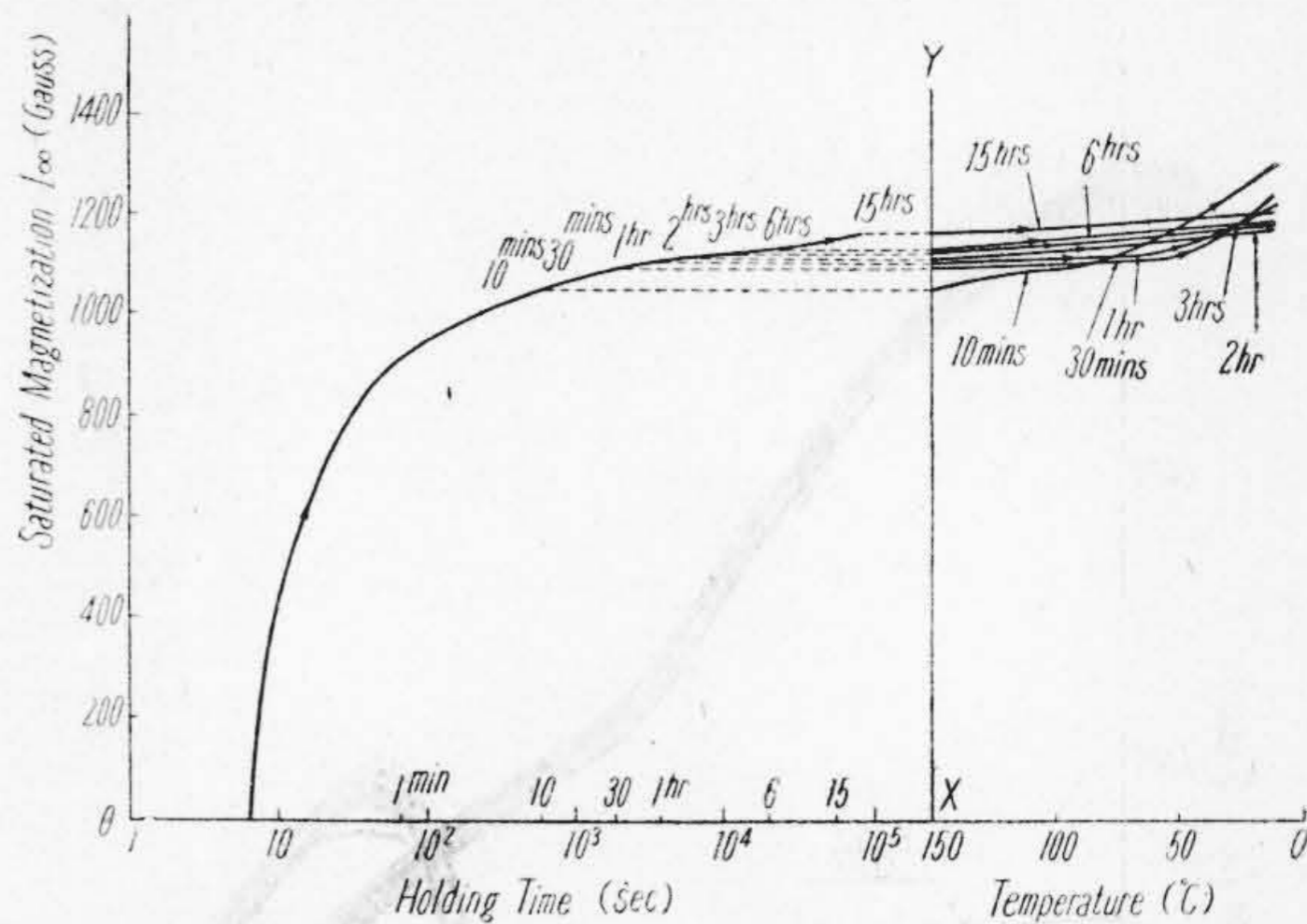


第3圖 Cr 鋼の 200°C に於ける恒温変態時間と飽和磁気との関係
Fig. 3 Relation between Holding Time at Isothermal Transformation and Saturated Magnetization for Cr Steel at 200°C.

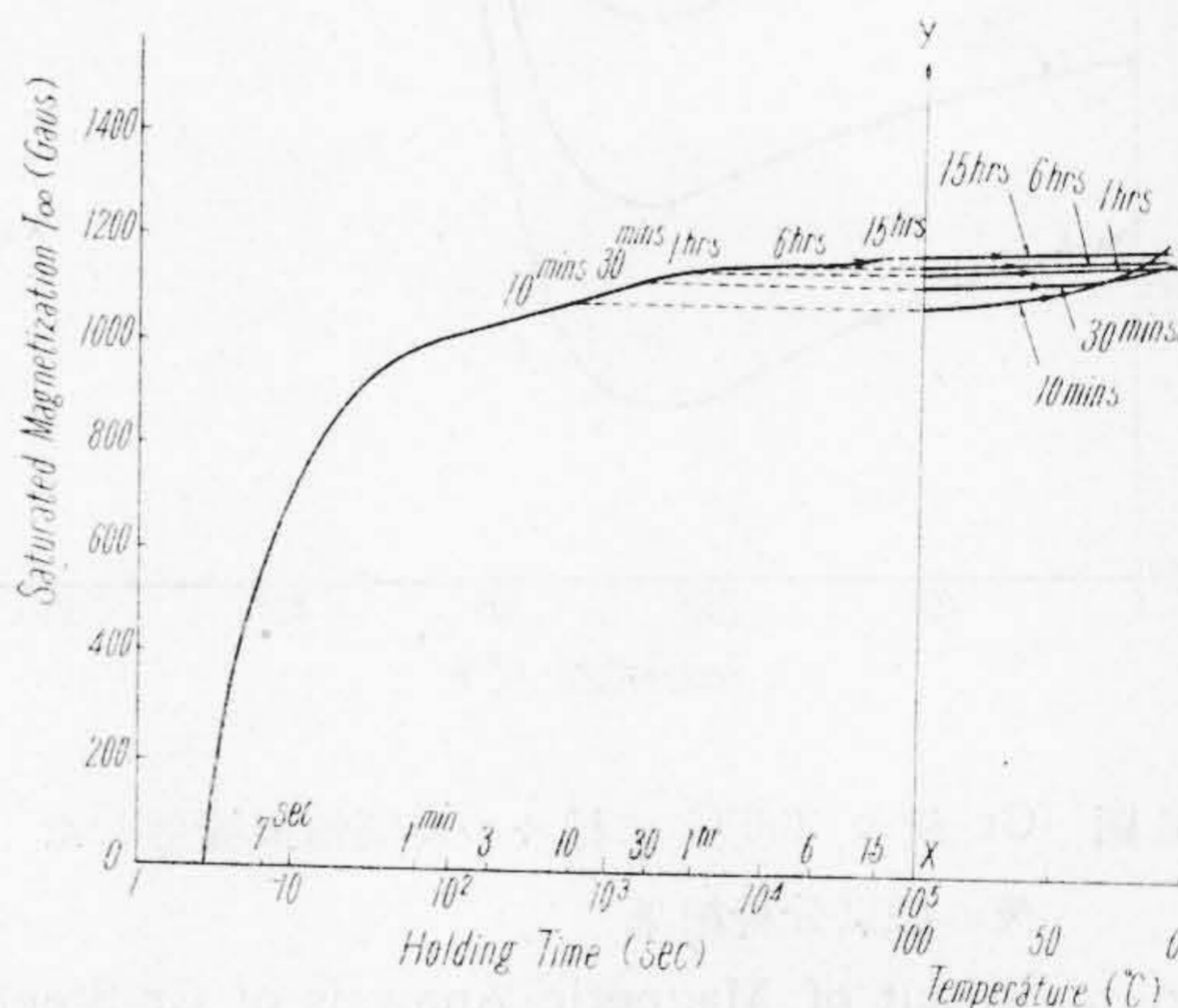
変態開始温度との関係は1時間以内に於いて保持時間のまずに従い降下し、2時間以上となると変態は現われなくなる。又常温まで冷却後の I_{∞} は保持時間 10 分の場合が最大である。

第5圖は 100°C の場合で変態開始と共に変態は急速に進み1時間以上では緩慢となることが判る。15時間保持すると I_{∞} は 1,185 ガウスに達する。保持時間と冷却変態との関係は 30 分以内に於いて $\gamma \rightarrow M$ 変態が認められ、これ以上の保持時間では認められなくなる。

次に以上の常温まで冷却したすべての試料を 500° ま

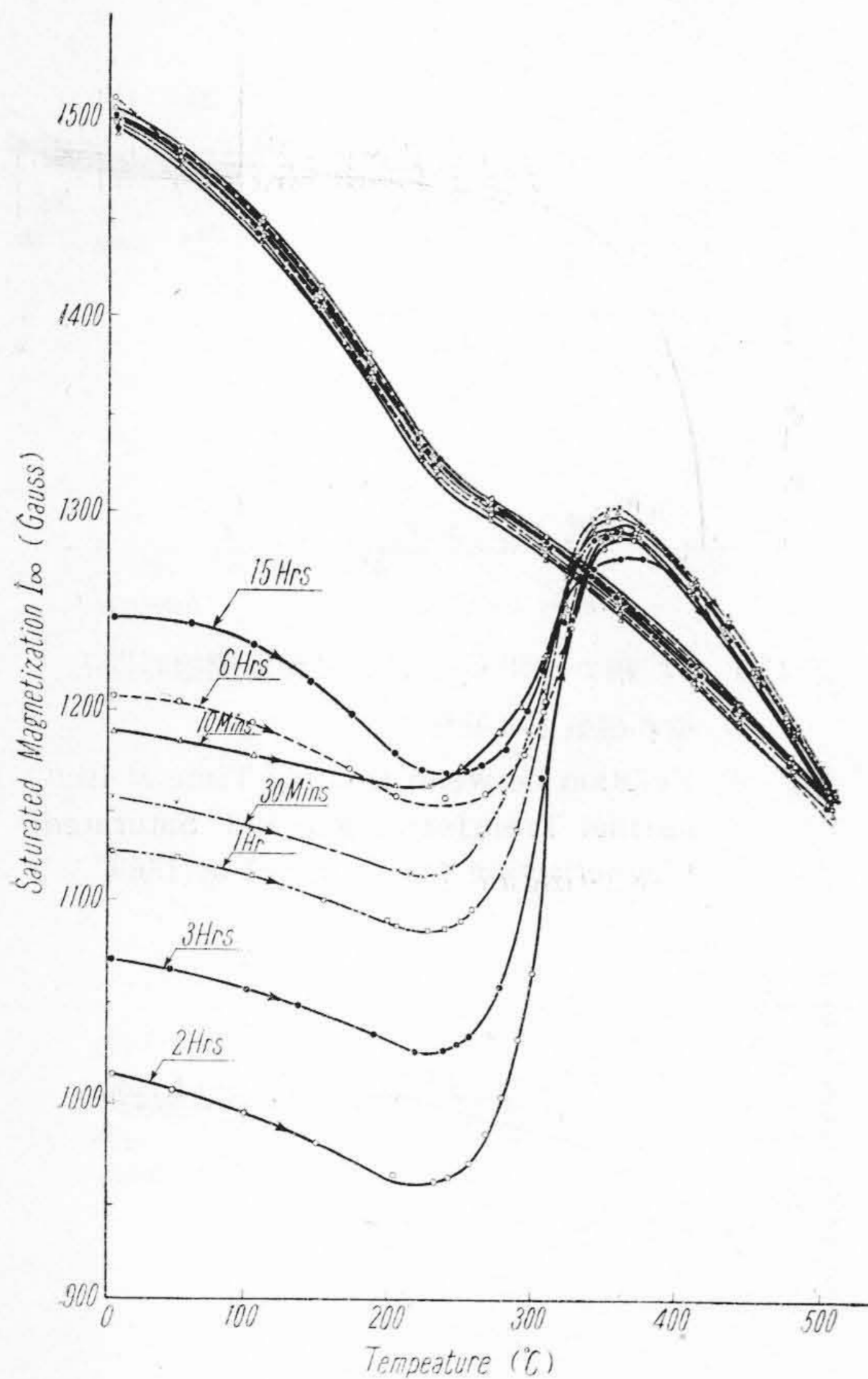


第4圖 Cr 鋼の 150°C に於ける恒温変態時間と飽和磁気との関係
Fig. 4 Relation between Holding Time at Isothermal Transformation and Saturated Magnetization for Cr Steel at 150°C.



第5圖 Cr 鋼の 100°C に於ける恒温変態時間と飽和磁気との関係
Fig. 5 Relation between Holding Time at Isothermal Transformation and Saturated Magnetization for Cr Steel at 100°C.

で加熱及び冷却した場合の I_{∞} の変化の一例を第6~7圖に示す。第6圖は 200°C に於いて恒温変態せしめた試片について行つた結果である。これによると昇温に伴い 200°C 附近までは I_{∞} は漸次減少するが、恒温変態の保持時間によつて相違し 200~270°C に於いて I_{∞} は急激に増加して 330~350°C で最高に達して後減少することが知られる。又冷却に際しては I_{∞} は漸次増加するが、 A_0 変態温度附近より増加率を増す。即ち恒温変態保持時間 10 分~2 時間の範囲では常温に於ける I_{∞} は時間の増加に伴い減少して γ_R の多いことがわかり、6~15 時間の範囲では逆に I_{∞} は増加し γ_R は減少しているが、200~270°C に於ける $\gamma_R \rightarrow M$ 変態に伴う I_{∞}

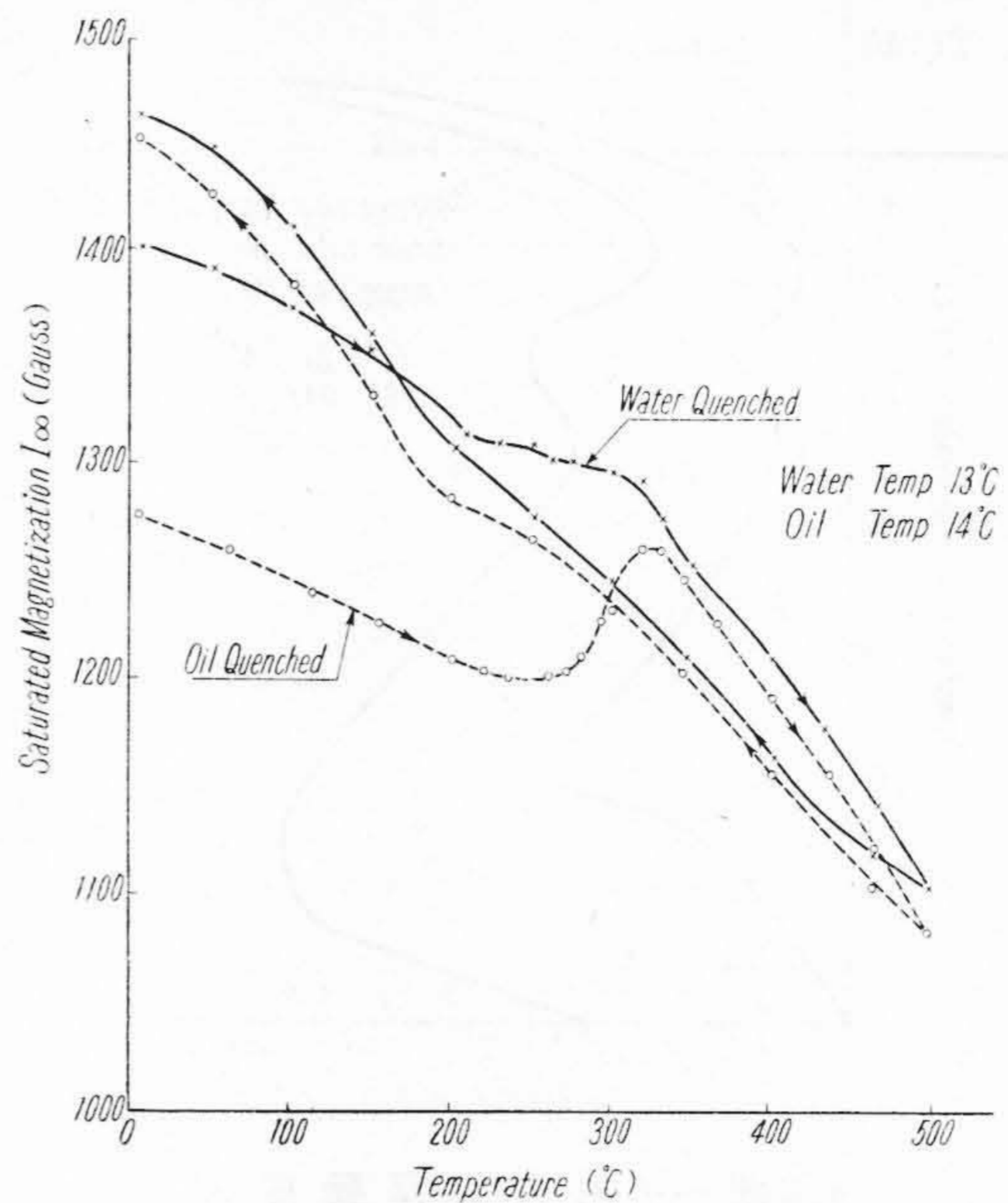


第6圖 Cr 鋼の 200°C に種々の時間恒温変態した後の磁気分析結果

Fig. 6 Result of Magnetic Analysis of Cr Steel Isothermally transformed at 200°C for Various Times.

の増加が起る温度は保持時間2時間までは低下し、これ以上の保持時間では漸次上昇する。次に $\gamma_R \rightarrow M$ 變態による I_∞ の増加する割合は保持時間2時間までは漸次増加しこれ以上では減少する。又第7圖は水及び油焼入れ試片を 500°C まで加熱及び冷却した場合の温度—磁気の関係を示す。圖中實線は水 (13°C) 焼入れ、點線は油 (14°C) 焼入れの場合である。これによると水の場合は $\gamma_R \rightarrow M$ 變態による I_∞ の増加が少なく 350°C 附近に於ける極大値が見られないが、一方油の場合は極大を示し且 I_∞ の増加が大で水焼入れより γ_R が多いことが知られるのである。

以上の實驗結果を綜合して圖示すれば第8~10圖(17, 18 頁参照) の如くである。圖中の A 曲線は恒温變態保持時間に伴う I_∞ の變化を示し、B 曲線は變態温度より爐冷後の常温に於ける I_∞ と保持時間、C 曲線は冷却中



第7圖 Cr 鋼の水及び油焼入れ後の磁気分析結果
Fig. 7 Result of Magnetic Analysis of Cr Steel Quenched in Water and Oil.

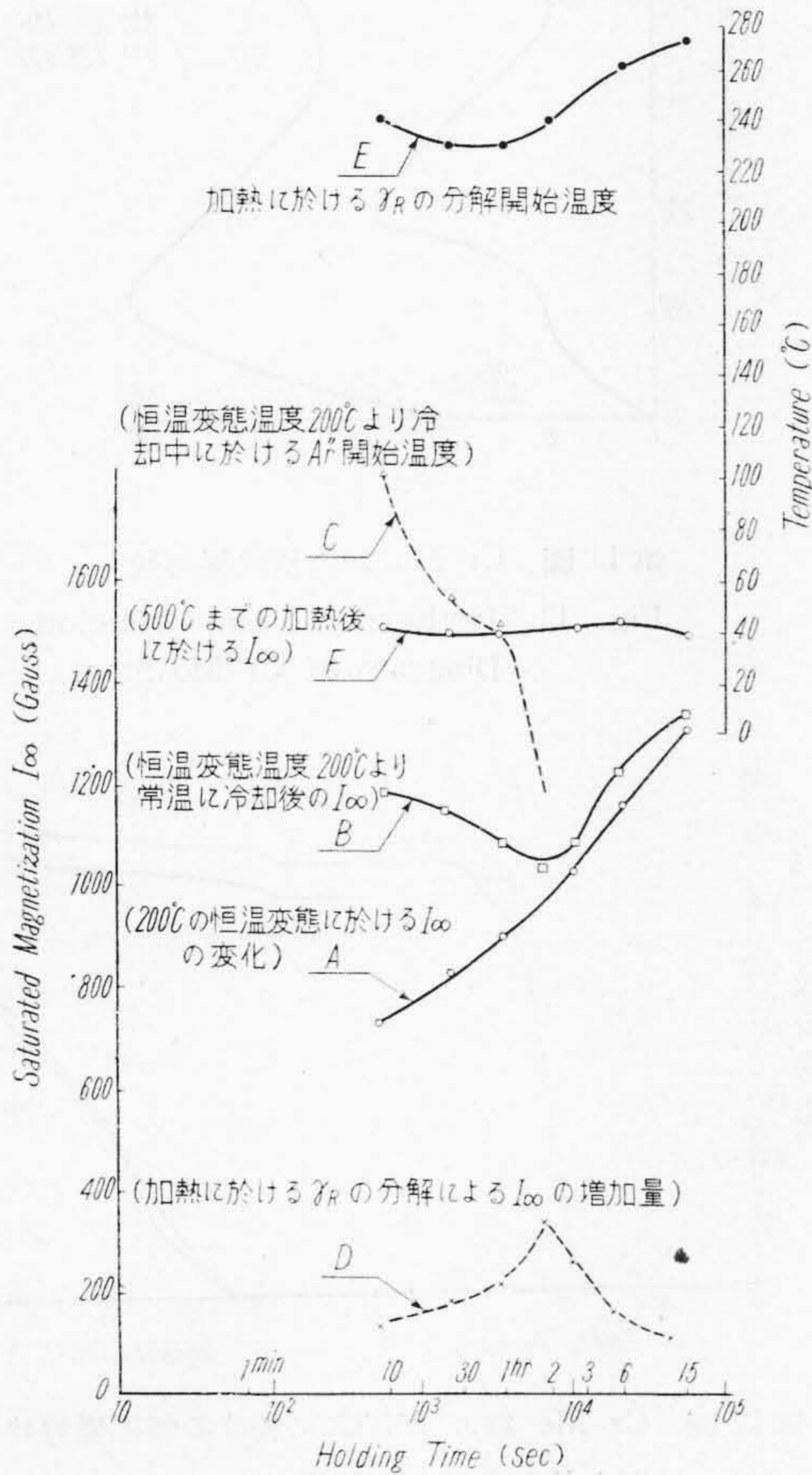
に現われる Ar'' 變態開始温度と保持時間との關係を示す。又 D 曲線は 500°C まで加熱せる場合の $\gamma_R \rightarrow M$ 變態による I_∞ の増加量と保持時間、E 曲線は加熱の場合の γ_R の分解開始温度と保持時間との關係を示す。次に F 曲線は 500°C より冷却後の常温に於ける I_∞ と保持時間との關係を示すものである。これらより各温度に於ける恒温變態の様相、加熱及び冷却に於ける I_∞ の變化、 Ar'' 變態及び γ_R の分解開始温度及び分解量等が定量的に知られる。即ち A 曲線と B 曲線とは保持時間と共に漸次接近することは冷却中に起る Ar'' 變態が保持時間の増加により阻止せられ易くなることを示唆するものであり、兩曲線の間隔は變態温度が降下すると更にせまくなるので低温程短時間で變態が進行し易いことを示すのであろう。又この冷却中に現われる Ar'' 變態開始温度は保持時間の増加により低下し、(C 曲線)、一定時間以上では常温以下に達する。その場合 γ_R の分解による I_∞ の増加量 (D 曲線) が最も多く即ち γ_R の量は最大となると共に γ_R の分解開始温度は最低に達し、これ以上の時間ではその温度で上昇の傾向を示し γ_R の量は減少する。 γ_R の量は 200°C に於いて2時間恒温變態せしめた場合に最も多いことが判る。

(2) Cr-Mo 鋼 第3表は變態點及び結晶粒度を示す。

第11圖(18 頁参照) は本鋼の恒温變態圖を示し、Cr

第3表 變態點及び結晶粒度
Table 3 Transformation Point and Austenitic Grain Size.

變態點 (°C)		結晶粒度
加熱	冷却	
742~778	710~675	5~6

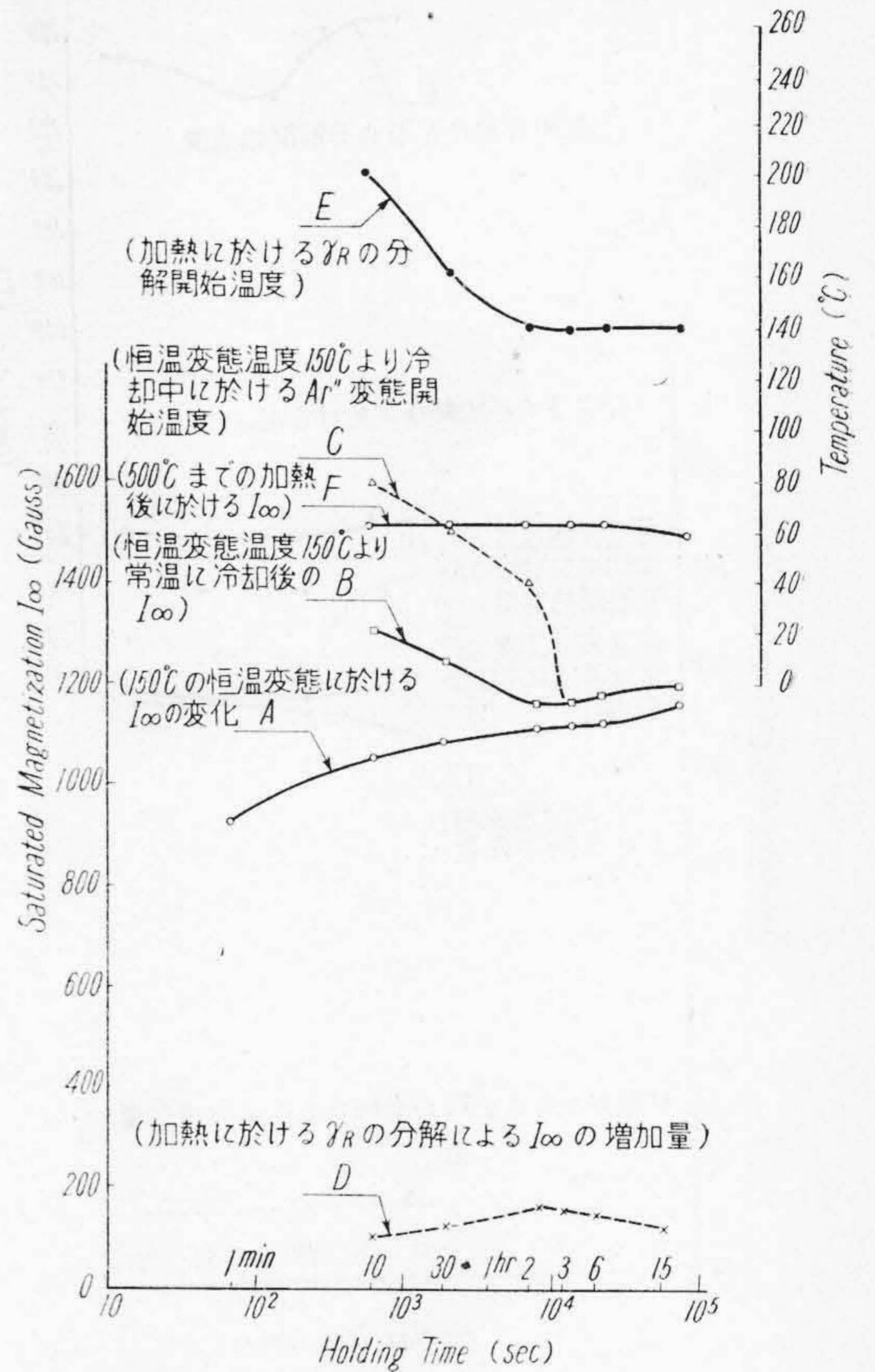


第8圖 Cr 鋼
恒溫變態保持時間と I_∞ 及び温度との關係 (變態温度 200°C)

Fig. 8 Cr Steel
Relation between Saturated Magnetization, Temperature and Holding Time at Isothermal Transformation. (Transformation Temperature 200°C).

鋼と同様二段にノーズが現われ、Ar₁ 變態のノーズは Ar' 變態のノーズより右方にある。又 Ar'' 變態温度に於ける變態速度は Cr 鋼より小さいことが知られる。

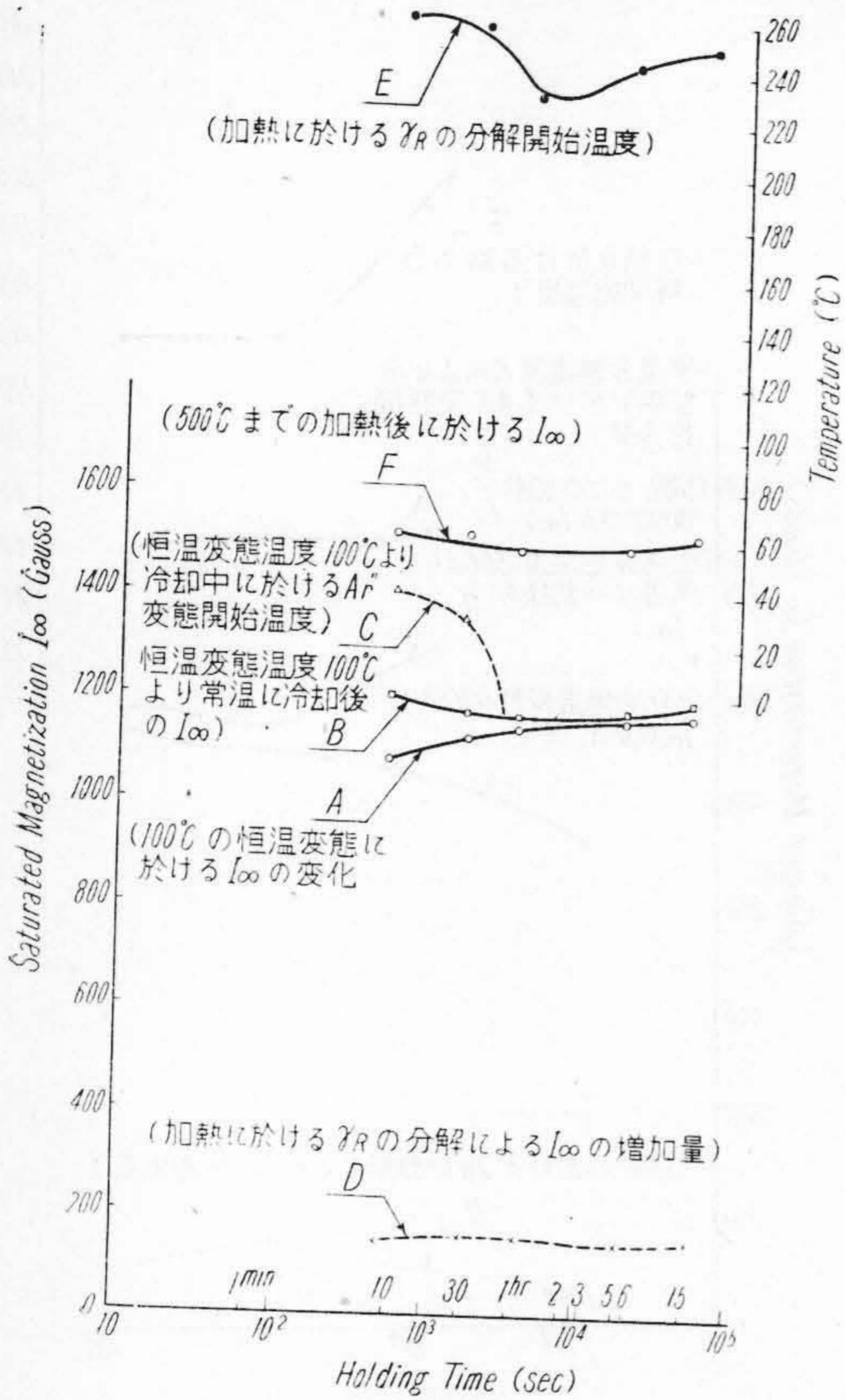
次に第12~15圖(18, 19 頁参照)は250~100°C の各變態温度に於ける時間—磁氣曲線(左側)及びそれぞれの温度より冷却した場合の温度—磁氣曲線(右側)を示す。



第9圖 Cr 鋼
恒溫變態保持時間と I_∞ 及び温度との關係 (變態温度 150°C)

Fig. 9 Cr Steel
Relation between Saturated Magnetization, Temperature and Holding Time at Isothermal Transformation. (Transformation Temperature 150°C).

第12圖は250°C の場合に於ける I_∞ の變化でこれより變態の進行が知られ、又冷却中に起る Ar'' 變態は伏倍期中の3分及び變態開始直後の7分の場合が顯著でその生起温度は180°C 及び170°C である。又保持時間2時間の場合は冷却中に A₀ 變態に相當する温度附近で磁氣の増加が認められ Ar'' 變態は40°C で起り、6 時間では A₀ 變態のみとなる。第13圖は200°C の場合で時間による磁氣増加量は250°C の場合に於けるより少なく、冷却に於ける Ar'' 變態の生起は30 秒の場合冷却開始と同時にあり、2分の場合180°C、又1, 2, 及び3 時間の場合に於ける Ar'' 變態はそれぞれ150°C、100°C 及び30°C で生起するが、6 時間では現われなくなる。第14圖は150°C の場合で變態開始時間は早く又速度も或變態量に達するまで大であるが、20 分附近より磁氣増加率



第 10 圖 Cr 鋼

恒溫變態保持時間と I_{∞} 及び温度との關係 (變態温度 100° C)

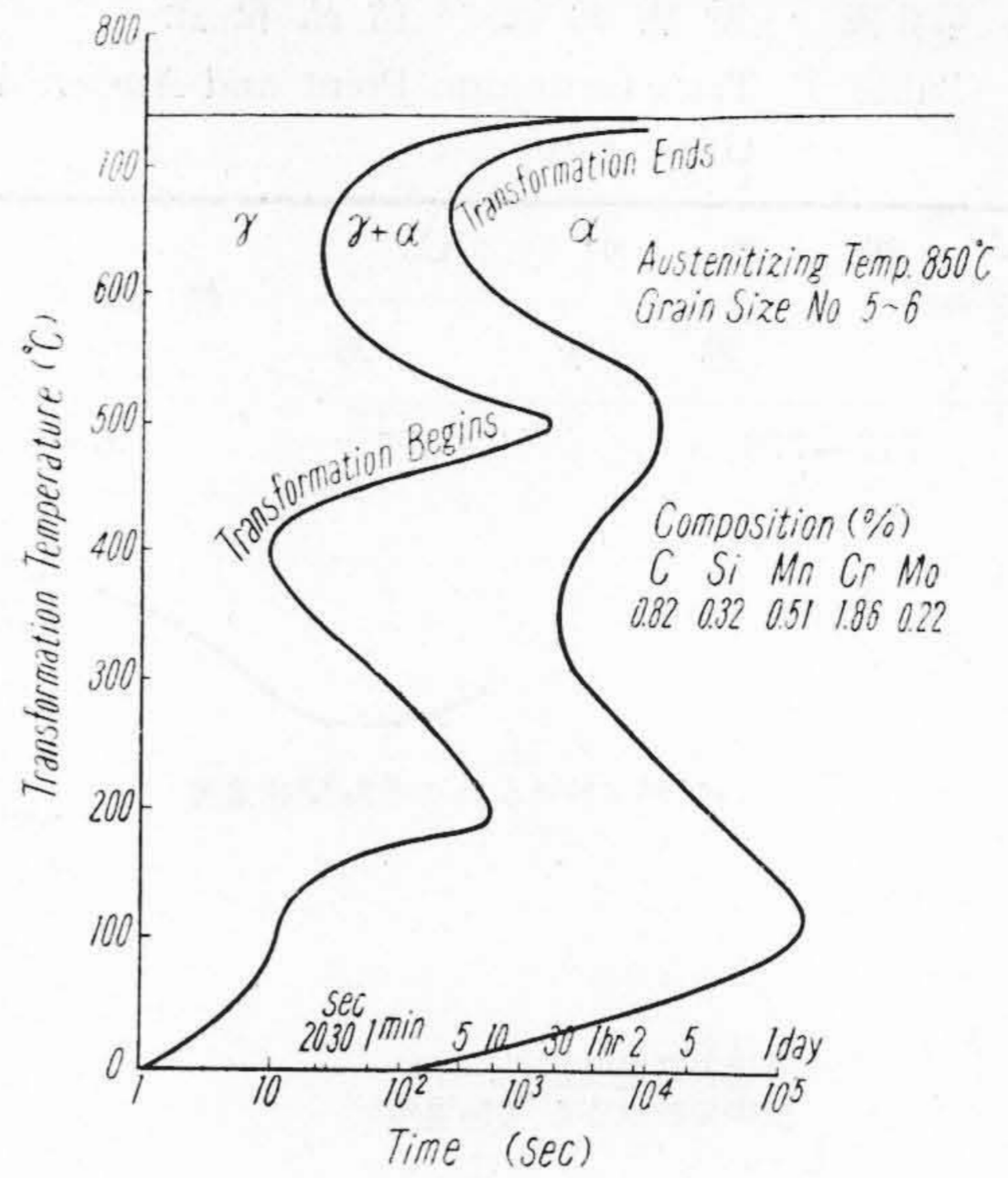
Fig. 10 Cr Steel

Relation between Saturated Magnetization, Temperature and Holding Time at Isothermal Transformation. (Transformation Temperature 100° C).

は減少し、3 時間でほぼ停止する。 I_{∞} を比較すると、この温度に於いては 250° C 及び 200° C の場合より變態量が少ないことが判る。冷却に於ける Ar'' 變態は保持時間 5 分の場合 150° C、1、3 及び 6 時間の場合それぞれ、 120° C、 85° C 及び 60° C で開始し、その變態量は保持時間の増加に伴い減少する。

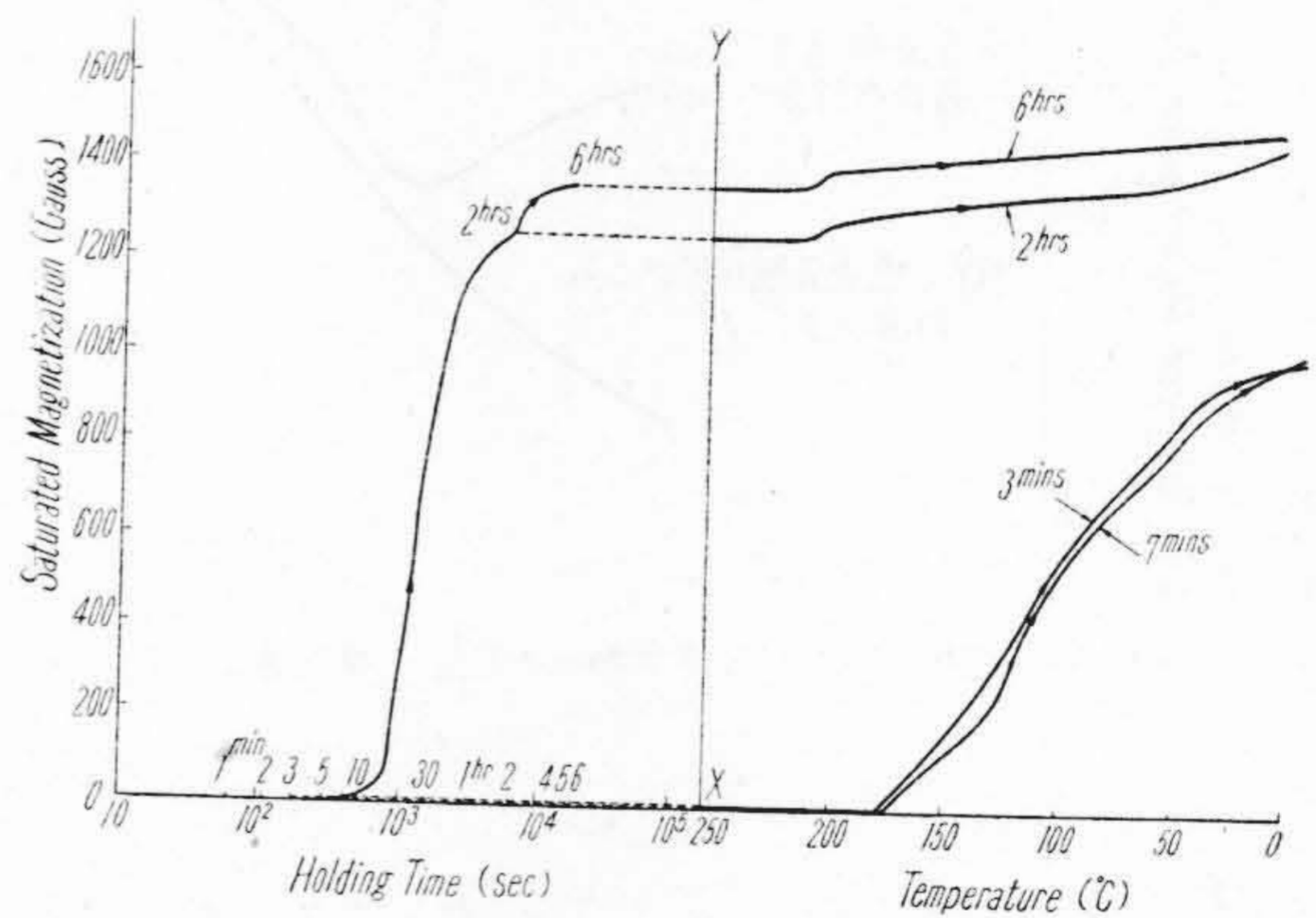
第 15 圖は 100° C の場合で變態初期に於ける變態速度は大なることを示し、又冷却に於ける Ar'' 變態は 30 分、3 時間及び 6 時間保持のものはそれぞれ 60° C、 40° C 及び 20° C で生起する。

次に第 16~17 圖 (19, 20 頁参照) は水或は油焼入れ及び一例として 200° C に於いて種々の時間恒溫變態したすべての試料につき常溫より 500° C まで加熱及び冷却中に於ける I_{∞} の變化を示す。



第 11 圖 Cr-Mo 鋼の恒溫變態圖

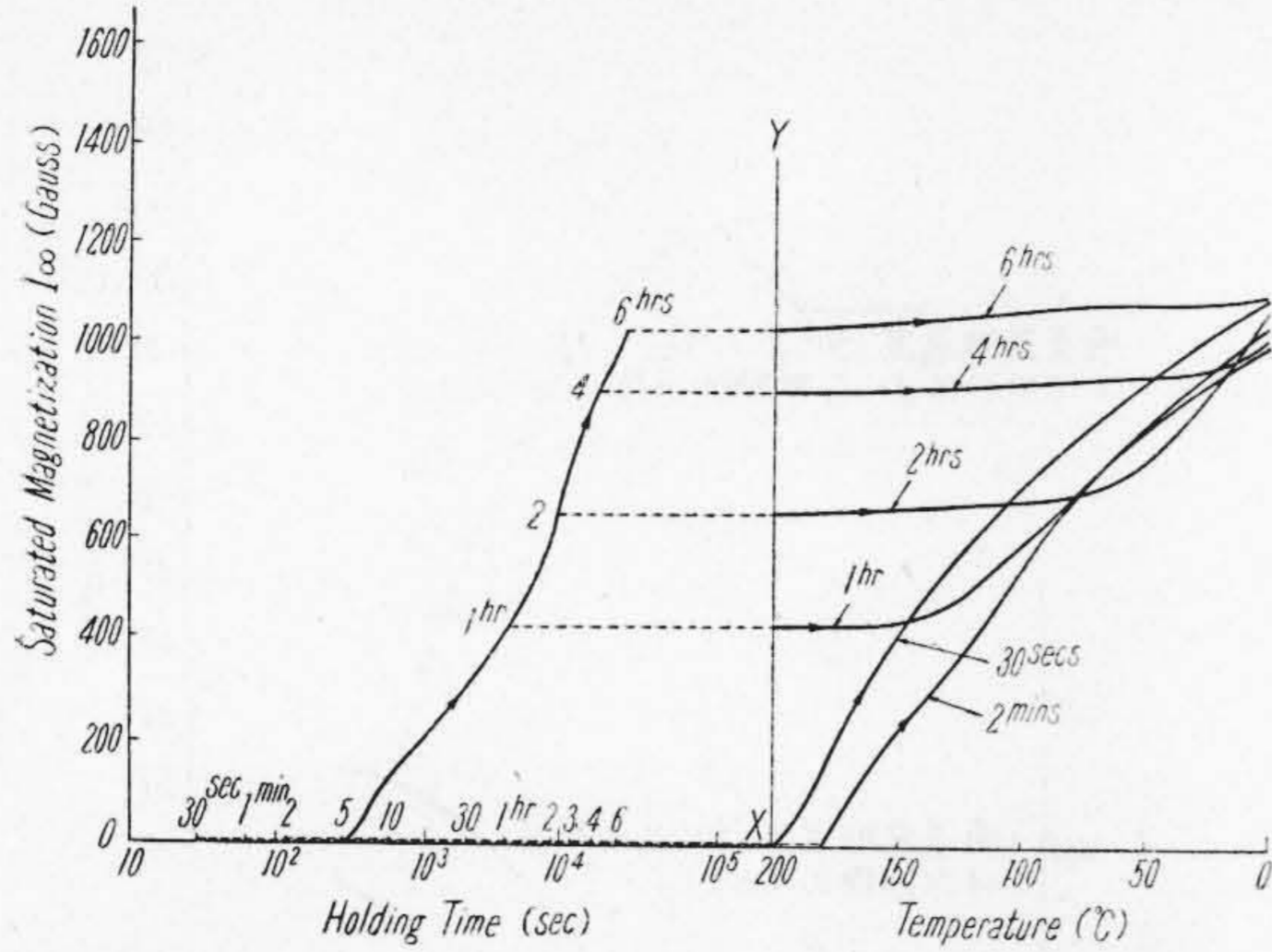
Fig. 11 Isothermal Transformation Diagram of Cr-Mo Steel.



第 12 圖 Cr-Mo 鋼の 250° C に於ける恒溫變態時間と飽和磁氣との關係

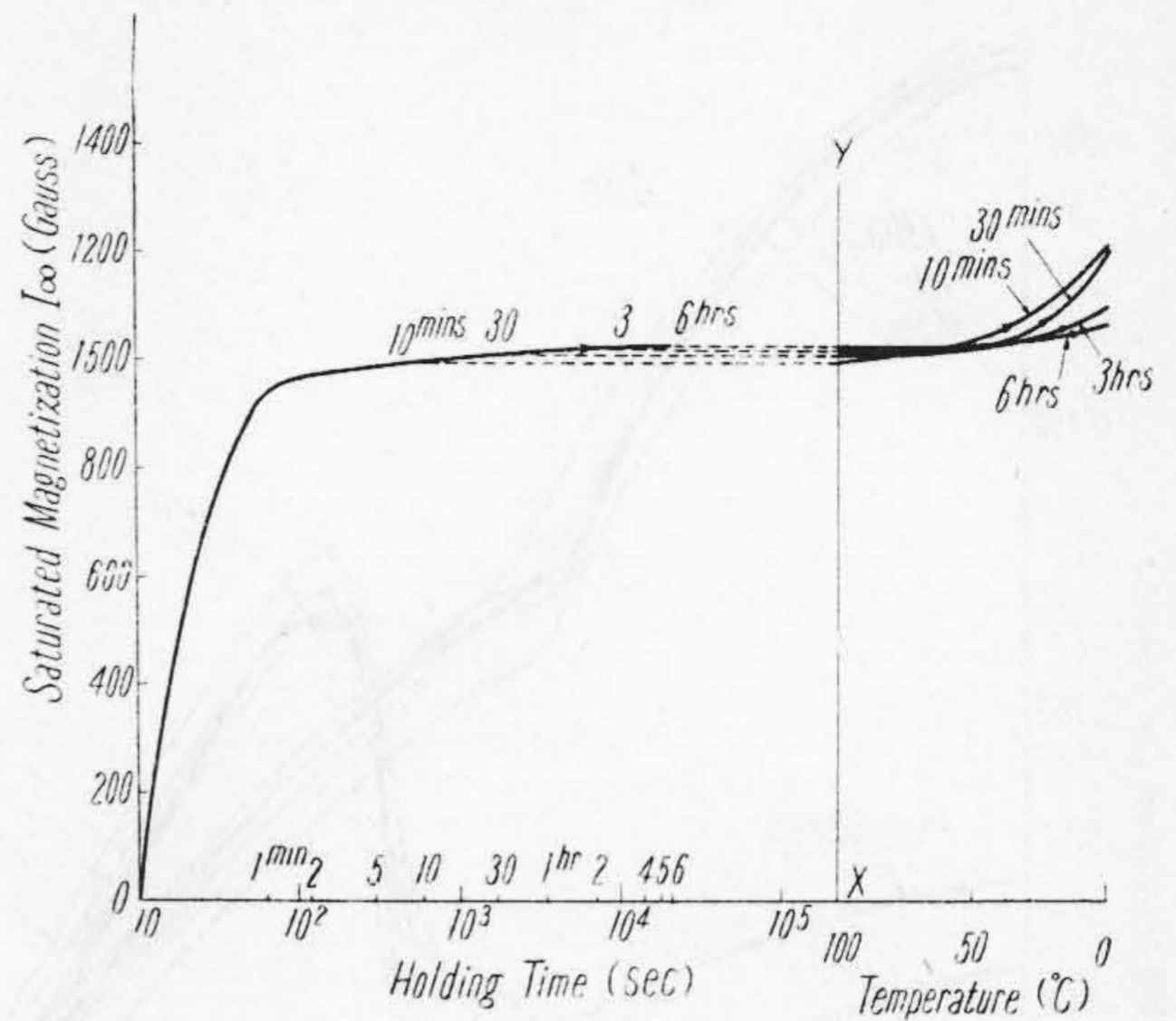
Fig. 12 Relation between Holding Time at Isothermal Transformation and Saturated Magnetization for Cr-Mo Steel at 250° C.

第 16 圖は水 (5° C) 及び油 (7° C) に焼入れた場合で焼入れ状態に於ける I_{∞} は水焼入れの方が油焼入れの場合より高く、従つて γ_R の量の少ないことが知られ Cr 鋼の場合と同様である。加熱されると I_{∞} は漸次減少するが、水の場合は 265° C、油の場合は 250° C よりそれぞれ磁氣をまし、 320° C 附近で極大を示して後減少する。この磁氣増加は前述の如く γ_R の分解によるものであるが、増加量は油の場合が多く Cr 鋼の場合と同様である次に第 17 圖は 200° C で恒溫變態した場合を示す。こ



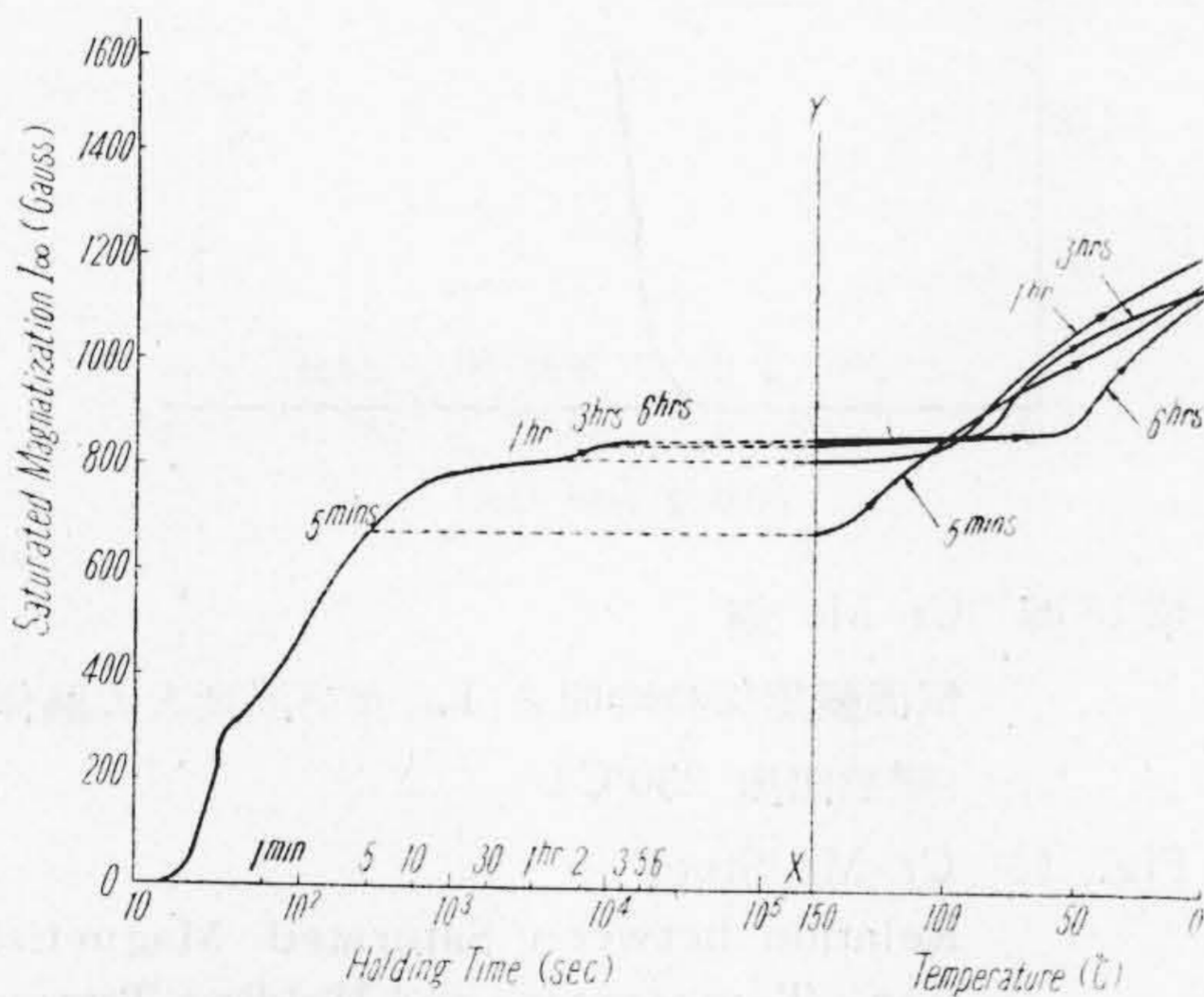
第13圖 Cr-Mo 鋼の 200°C に於ける恒温變態時間と飽和磁氣との關係

Fig. 13 Relation between Holding Time at Isothermal Transformation and Saturated Magnetization for Cr-Mo Steel at 200°C.



第15圖 Cr-Mo 鋼の 100°C に於ける恒温變態時間と飽和磁氣との關係

Fig. 15 Relation between Holding Time at Isothermal Transformation and Saturated Magnetization for Cr-Mo Steel at 100°C.

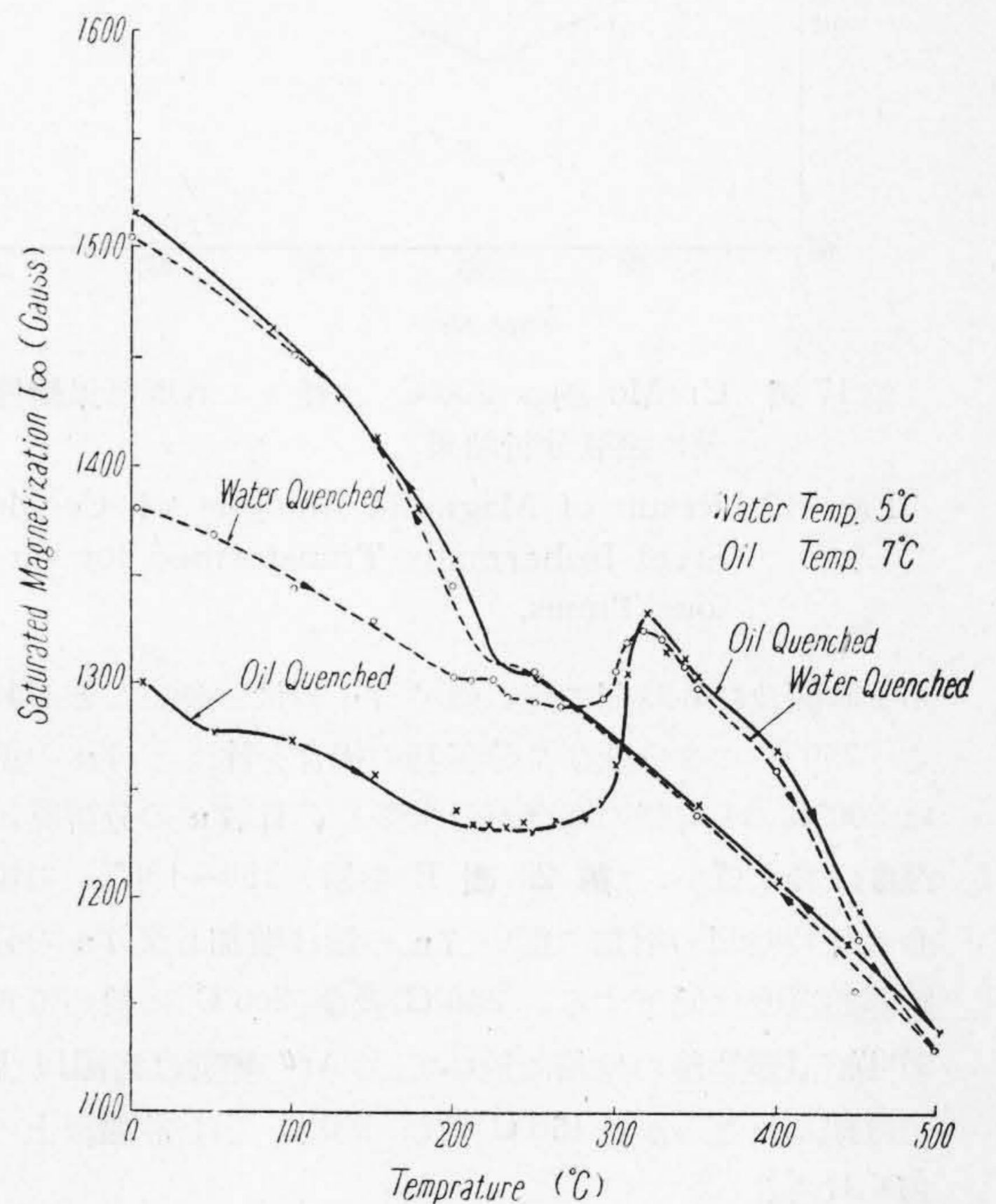


第14圖 Cr-Mo 鋼の 150°C に於ける恒温變態時間と飽和磁氣との關係

Fig. 14 Relation between Holding Time at Isothermal Transformation and Saturated Magnetization for Cr-Mo Steel at 150°C.

れより判る如く加熱開始時に於ける I_{∞} が恒温變態後爐冷の状態より増加していることは、室温に放置中に $\gamma_R \rightarrow M$ 變態が進行したと考えられる。200~340°C の範圍に於いて $\gamma_R \rightarrow M$ 變態に伴い磁氣は増加し、その分解開始温度は保持時間4時間以下では保持時間の増加にしたがい降下し、6時間の場合は僅かながら上昇を示すことが認められる。250°C, 150°C 及び 100°C の恒温變態の場合についても同様の結果が得られたが、これらは省略する。

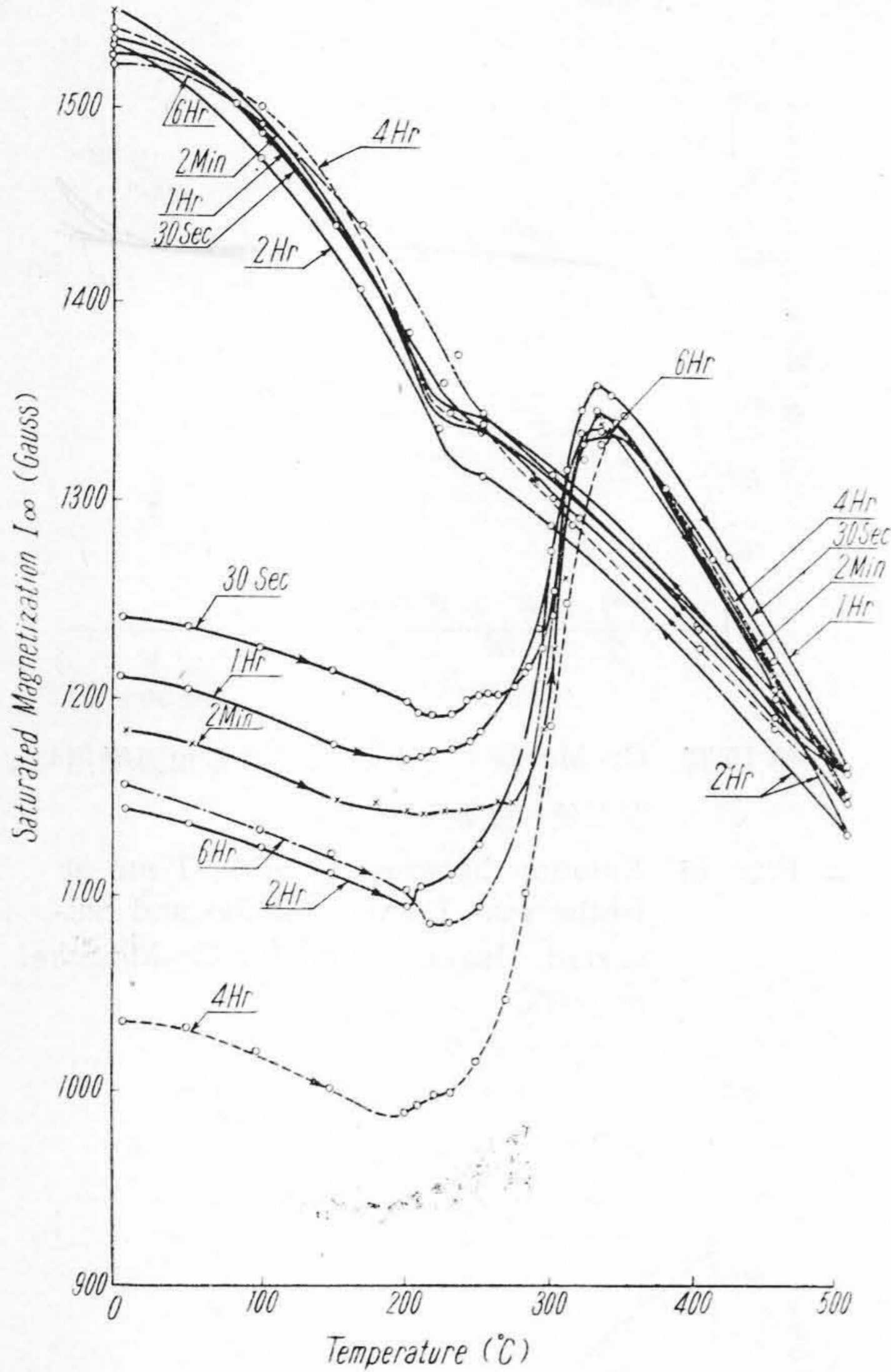
以上の實驗結果を綜合して圖示すれば第18~21圖



第16圖 Cr-Mo 鋼の水及び油焼入後の磁氣分析結果

Fig. 16 Result of Magnetic Analysis of Cr-Mo Steel Quenched in Water or Oil.

(20,21頁参照)の如くで、これらより Cr-Mo 鋼の Ar'' 變態範圍に於ける變態の様相を詳細に知ることが出来る。即ち第19圖の 250°C 分及び7分保持後爐冷すると、 I_{∞}



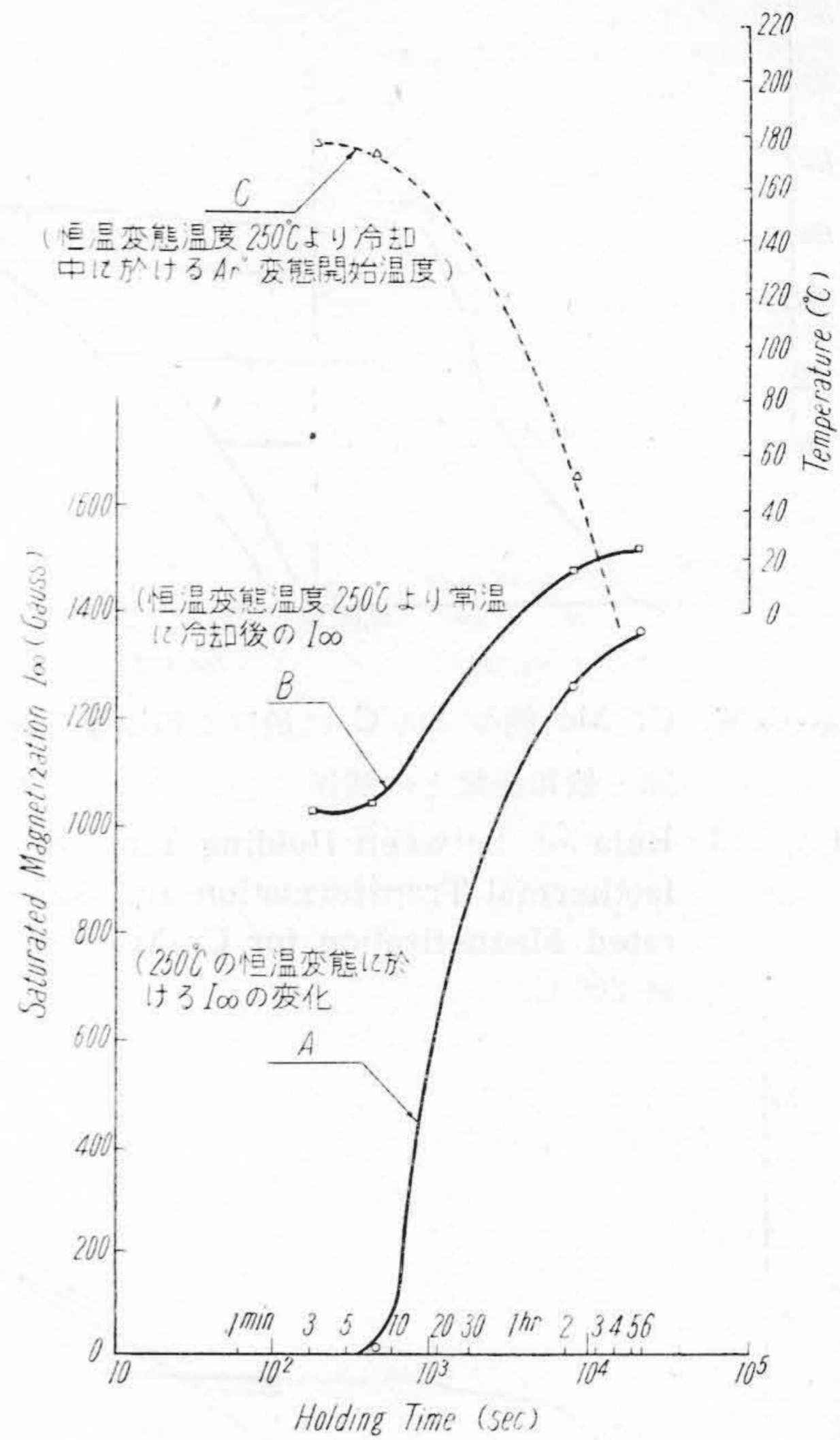
第 17 圖 Cr-Mo 鋼の 200°C に種々の時間恒温變態後の磁氣分析結果

Fig. 17 Result of Magnetic Analysis of Cr-Mo Steel Isothermally Transformed for various Times.

が 2 時間及び 6 時間に比し低く γ_R の量が多いことが判る。250°C の 3 分及び 7 分保持の場合を除くと γ_R の量は 200°C の 4 時間の場合が最も多く、且 γ_R の分解開始温度は最も低い。(第 20 圖 E 曲線) 150~100°C の場合は保持時間の増加に従い γ_R の量は増加し又 γ_R の分解開始温度は低下する。250°C 及び 200°C に於いて 6 時間恒温變態後の冷却に於いては Ar'' 變態は常溫以上では現われないが、150°C 及び 100°C では常溫以上で現われる。

[IV] 結果に対する検討

變態保持時間と I_∞ との関係から (第 8 圖~第 10 圖、第 18 圖~第 21 圖) 次のことがいえる。Cr 鋼、Cr-Mo 鋼共伏倍期中及び變態の進行が少ない時間から冷却したものは γ_R は少ないが、かような處理では熱歪及び變態歪をますので大型のものには適用され難い。 γ_R を少な



第 18 圖 Cr-Mo 鋼

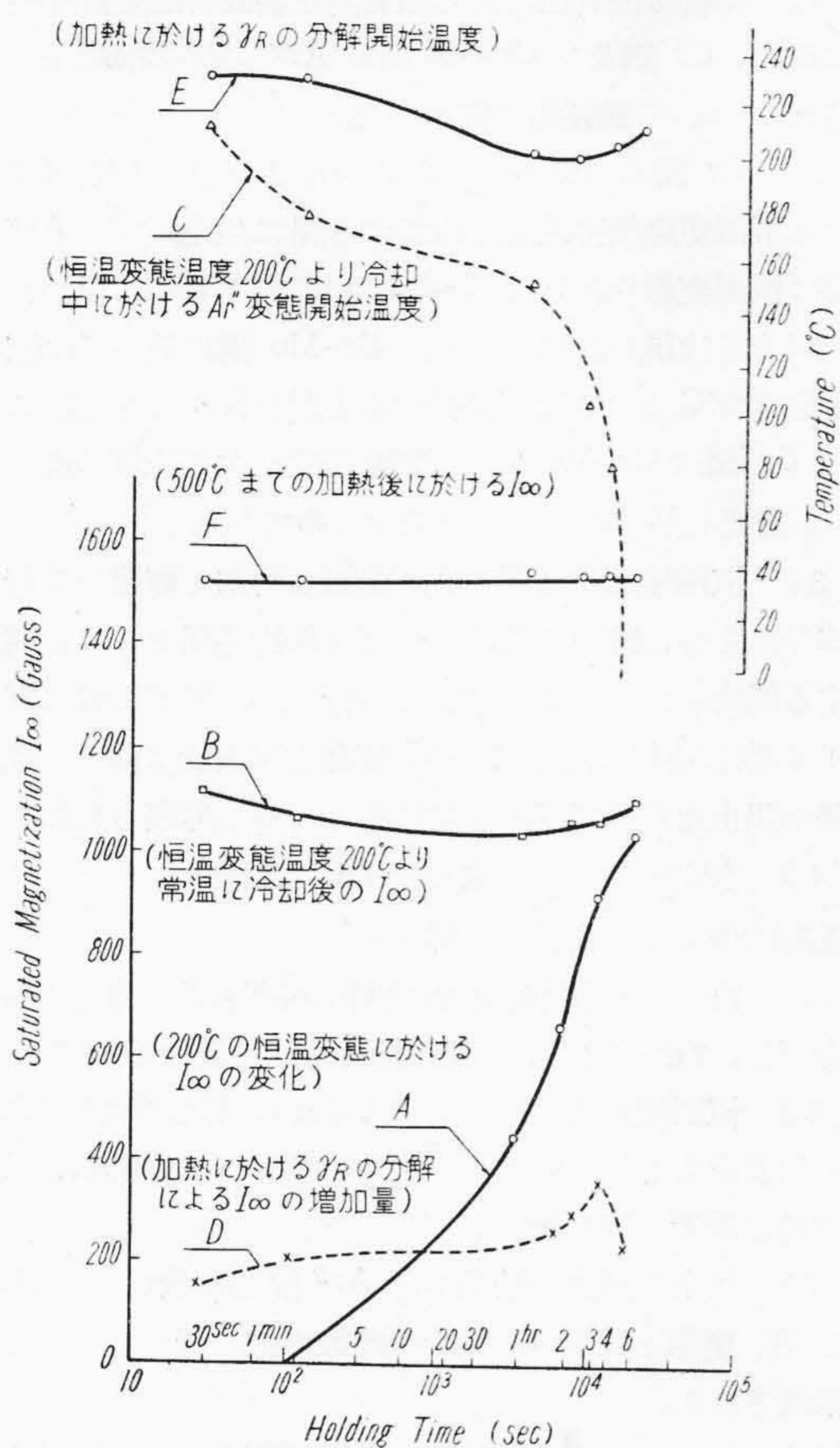
恒温變態保持時間と I_∞ 及び温度との關係 (變態温度 250°C)

Fig. 18 Cr-Mo Steel

Relation between Saturated Magnetization, Temperature and Holding Time at Isothermal Transformation. (Transformation Temperature 250°C).

くし且熱歪及び變態歪を減少せしめるには Cr 鋼では 150~200°C で長時間保持し、又 Cr-Mo 鋼では 200°C で長時間保持すればよい。

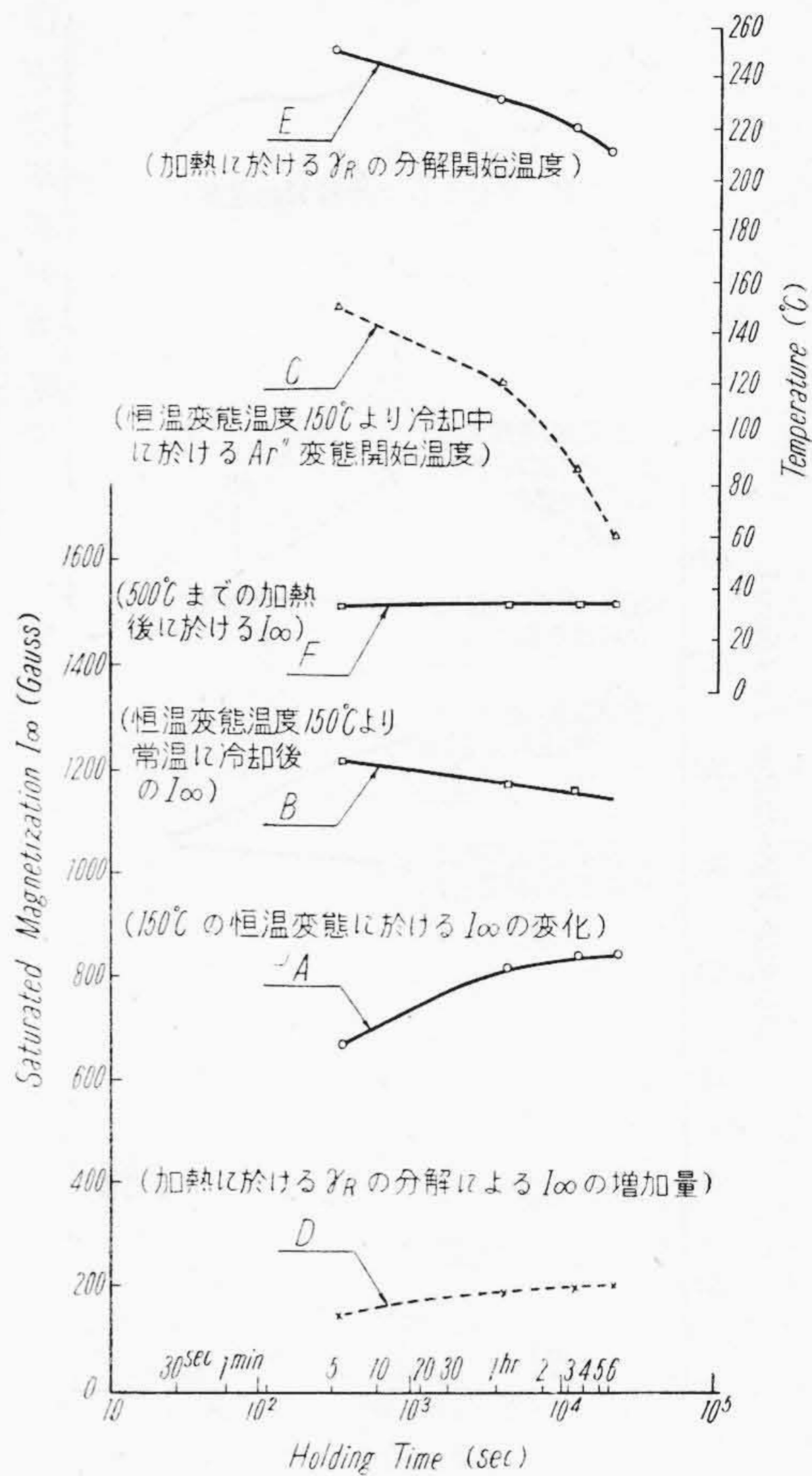
次に恒温變態後の冷却に際し $\gamma \rightarrow M$ 變態温度が保持時間のますに従い低下しその變化量の減少することが、見出された。今井博士⁽¹⁾は各種の鋼を用いて Bainite Range に於いて保持時間を變えて冷却し、その二次 Ar'' 變態の生起温度の相違から炭素鋼及び Si 鋼では α_m 、Cr 鋼及び Mn 鋼では炭化物が先行して析出する事實を認めている。又 Gulyaev 氏⁽²⁾は高速度鋼について磁氣的に 375~200°C の恒温變態に於いて保持時間をますと冷却中に起る $\gamma \rightarrow M$ 變態開始温度の低下することを述べ、著者等の結果と一致している。よつて以上の結果に



第19圖 Cr-Mo 鋼
恒溫變態保持時間と I_{∞} 及び温度との關係 (變態温度 200°C)

Fig. 19 Cr-Mo Steel
Relation between Saturated Magnetization, Temperature and Holding Time at Isothermal Transformation. (Transformation Temperature 200°C).

關し次のように考えられる。即ち恒溫變態の初期に生成せられたマルテンサイトの成分中 C 量は原試料の平均値より低い、保持時間を増すに従い C 原子は移動し、最後に C に富んだ γ が、變態を阻止せられて残留したものと考えられる。又保持時間の増加に従い冷却時の $\gamma_R \rightarrow M$ 變態の變化量が減少することは長時間保持により變態歪の減少が可能なることを示すものであり、又 Cr 鋼は Cr-Mo 鋼に於けるより短時間保持で二次 Ar'' は消失する。換言すれば Cr 鋼は Cr-Mo 鋼より變態速度が大で變態中に起る成分原子の移動 (主に C) が活潑で一定の濃度の γ を生成し易いと考えられるのである。従つて恒溫變態後冷却中に Ar'' 變態が出現しなくなる恒溫變態保持時間の最小のものに於いて最大量の γ_R を有



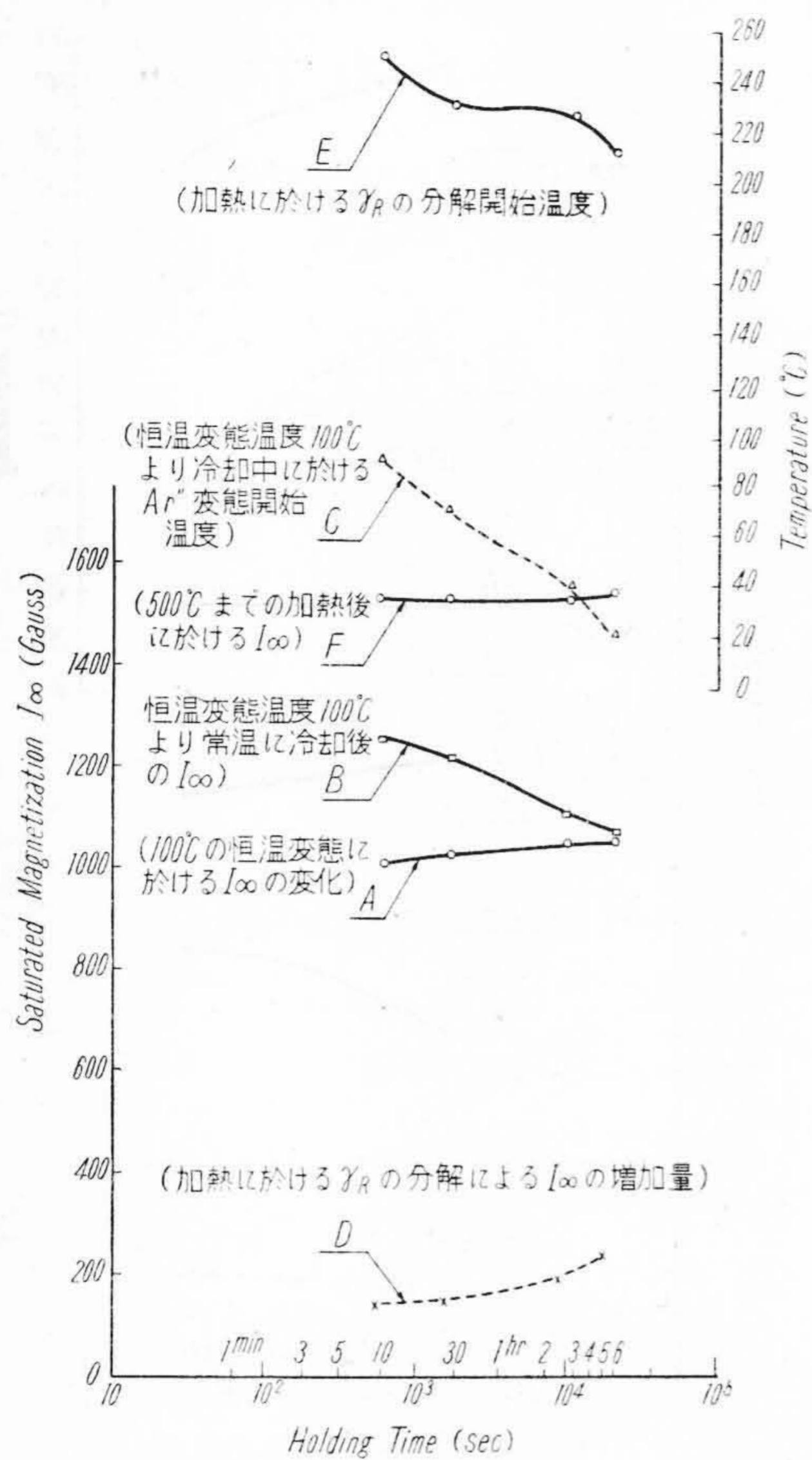
第20圖 Cr-Mo 鋼
恒溫變態保持時間と I_{∞} 及び温度との關係 (變態温度 150°C)

Fig. 20 Cr-Mo Steel
Relation between Saturated Magnetization, Temperature and Holding Time at Isothermal Transformation. (Transformation Temperature 150°C).

する。又これ以上の時間に於いても變態は多少進行するので、 γ_R は次漸減少するのである。

次に油焼入れは水焼入れより γ_R の量多く且その分解開始温度は低い。又變態保持時間の増すにしたがい、 γ_R の分解開始温度は降下して後上昇する傾向がある。分解開始温度の降下は前述の如く變態進行中に C 原子の擴散移動が行われて、 γ_R の C 量が試片の平均値より増して行くため、分解開始温度が上昇し始めるのは γ_R に於ける C 量が過飽和となつて析出して C 量を減ずるためと首肯せられる。又冷却速度のおそい程 γ_R は安定となるのは以上の事實から説明出来る。

[V] 總 括



第 21 圖 Cr-Mo 鋼
恒溫變態保持時間と I_{∞} 及び溫度との關係
(變態溫度 100°C)

Fig. 21 Cr-Mo Steel
Relation between Saturated Magnetization, Temperature and Holding Time at Isothermal Transformation (Transformation Temperature 100°C).

以上 Cr 鋼及び Cr-Mo 鋼の Ar'' 變態に關し實驗した結果を要約すれば下記の如くである。

(1) 彈動檢流計法による磁氣測定裝置を磁氣分析裝置に改め、Cr 鋼及び Cr-Mo 鋼の Ar'' の變態機構並びに γ_{R} について磁氣的に究明した。

(2) Cr 鋼の $100\sim 200^{\circ}\text{C}$ のマルテンサイト範圍に於ける恒溫變態後常溫まで冷却する間に生起する Ar'' 變態は恒溫變態保持時間 1~2 時間以内のものに現われそれ以上では現われなくなる。Cr-Mo 鋼に於いては恒溫變態 200°C では 6 時間保持すると現われなくなる。これは Cr 鋼は Cr-Mo 鋼より變態速度が大で冷却に際し γ_{R} が安定し易くなることを示すものである。

(3) 恒溫變態の時間と共に磁氣は増加し變態の進行が知られるが、常溫に於ける磁氣は保持時間をますと減少する傾向がある。これは變態進行に伴い次第に C に富む γ が生じ冷却に際し $\gamma \rightarrow \text{M}$ 變態生起溫度は低下し且變態が阻止せられて γ_{R} を生じ易くなると考察された。

(4) 水焼入れにより生じた γ_{R} は油焼入れのそれより量的に少なく且高溫で分解する。

(5) γ_{R} の分解開始溫度は變態保持時間の増すに従い降下し、 γ_{R} の量が最も多い保持時間で最低に達する。

(6) 恒溫變態せられたものゝ γ_{R} は普通に焼入れにより生ずるものより低溫でマルテンサイトに分解し、又その量は前者の方が多い。

(7) 以上の諸實驗結果から Ar'' 變態に於いても A_3 及び A_1 變態と同様 C 原子の擴散移動が行われることが示唆された。

擧筆するに當り終始御懇篤なる御指導を賜つた村上武次郎博士に對し深甚なる謝意を捧げると共に御援助を賜つた兼先日立研究所長、日立工場檜垣部長並びに野村部長に謝意を表わす。又實驗に従事せられた八重樫敏雄、赤津康之兩君の勞を多とする次第である。

參 考 文 獻

(1) 今井：日本金屬學會分科會報告、I、昭 23.1
(2) A. Gulyaev : Metallurgia, May, (1941), p 22~25

