

強靱硅素・マンガン・クロム鋼の變態點及び
顯微鏡組織に及ぼす最高加熱温度と
冷却速度の影響に就いて

小 柴 定 雄*

On The Effect of Heating Temperature and Cooling Velocity
on The Transformation Point and Microstructure
of High Tension Si-Mn-Cr Steel

By Sadao Koshiha
Yasugi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The white spot are sometimes found in the large size objects of high tension Si-Mn-Cr steels. The main reasons producing the white spot are thermal stress, transformation stress and Hydrogen gas pressure, and then the nonmetallic inclusion, segregation and blow hole in the ingot gives also some effect.

In the present investigation, the writer took up three samples of Si-Mn-Cr steel and examined the effect of high heating temperature and cooling velocity on the transformation and microstructure, concerning stress, in particular, transformation stress.

As the heating temperature and cooling velocity increases the transformation point is lowered, and then its effect are remarkable in the case of high content of C, Mn and Cr. In the Si-Mn-Cr steel of high content of C and alloy elements, the transformation stress increases by the cooling velocity from high heating temperature, there are more chance producing the white spot.

(1) 緒 言

白點は Ni・Cr 鋼の如き變態點の低い鋼に能く現はれ

* 日立製作所安來工場

る。殊に大なる鋼塊或は鍛鍊係數の小なる場合に屢々見られることは周知の事實である。

此處數年來 Ni の不足により之が代用として従來の Ni・Cr 鋼に代り Si・Mn・Cr 鋼が屢々用ひられるが、此の鋼

種に於ても同様屢々白點が現はれる場合がある。これが原因に就ては従來幾多の研究結果が發表されてゐるが之を主原因と副原因に分けられる⁽¹⁾。主原因は熱應力、變態應力及びガス壓力等の應力である。副原因は材質の弱點例へば鋼塊内の介在物、偏析、氣泡等である。

本研究はその主原因たる應力殊に變態應力に關し、3種の Si・Mn・Cr 鋼に就て鍛鍊の實作業に則して 850°~1150° から種々の冷却速度で冷却し、その變態點及び顯微鏡組織に及ぼす影響を調べた。

〔II〕 試料と實驗方法

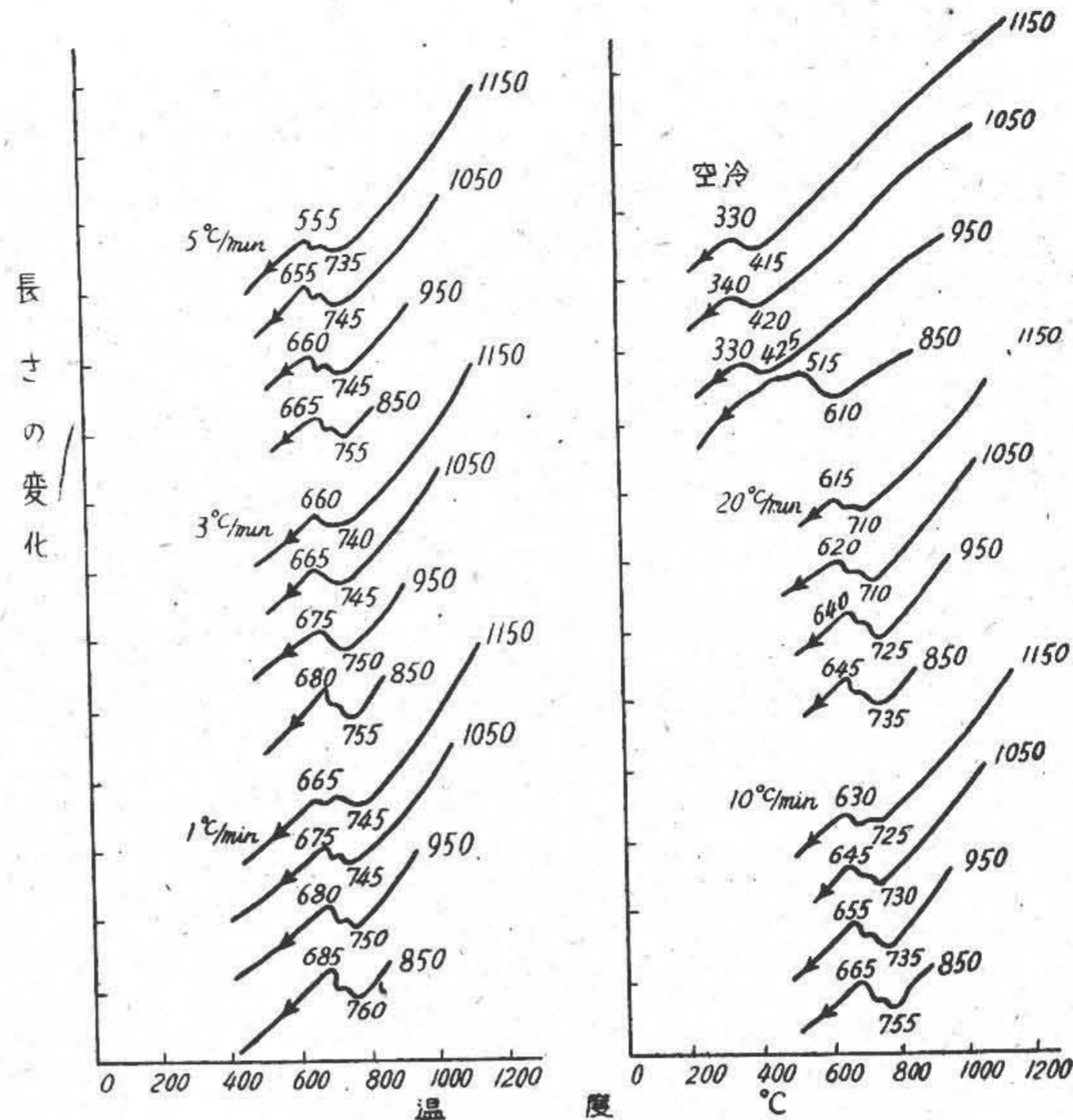
本研究に供した試料の化學成分を第 1 表に示す。

試料は 12 mm 丸に鍛伸後焼鈍して熱膨脹試験片直徑 7 mm, 長さ 70 mm に仕上げた。實驗方法は本多式熱膨脹計を用ひ、最高加熱溫度に保持する時間は何れも 10 分とした。

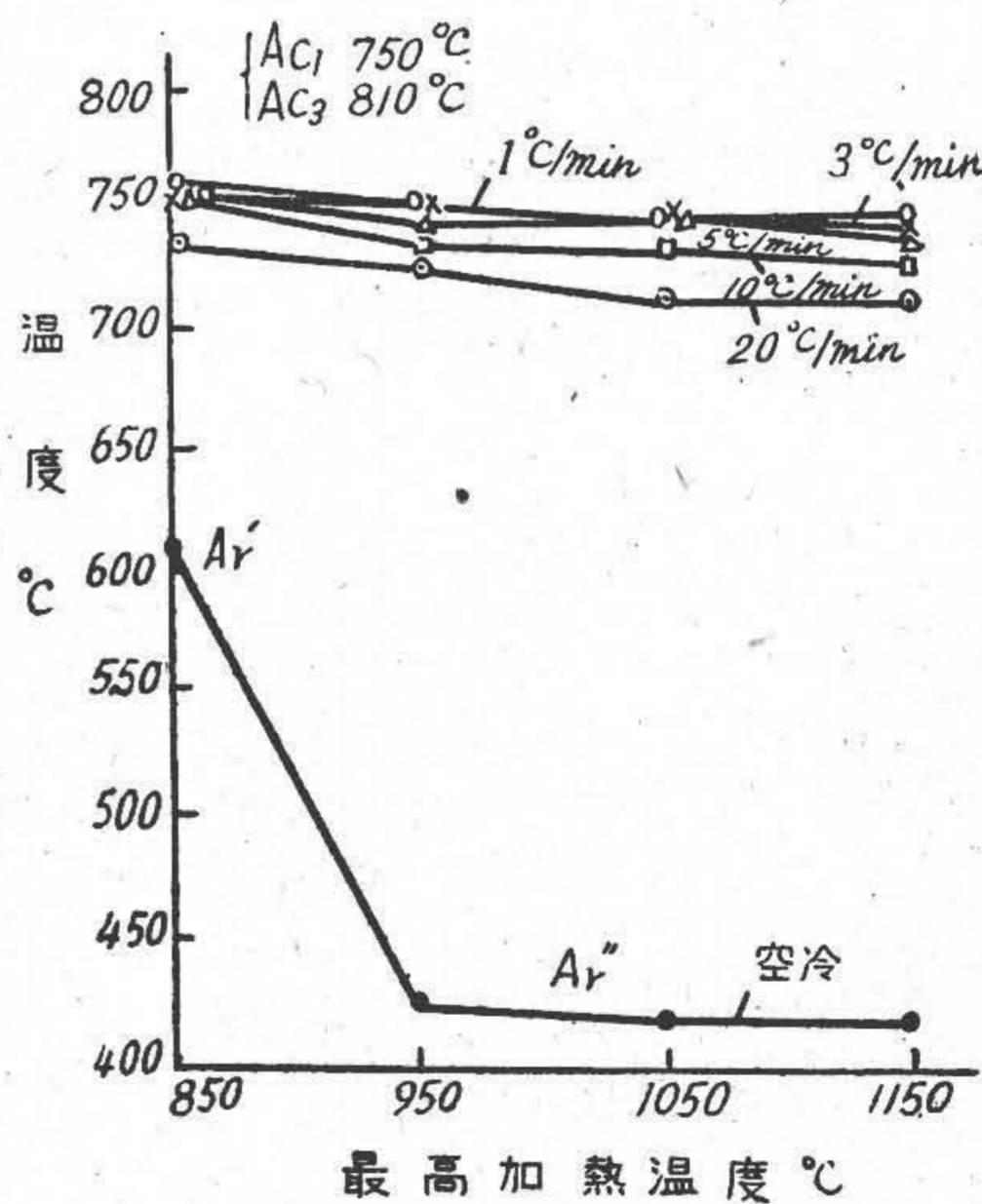
試料	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
A	0.32	0.86	0.78	0.018	0.019	0.23	0.82	Nil
B	0.41	1.06	1.02	0.023	0.017	0.33	0.97	Nil
C	0.48	1.16	1.20	0.029	0.014	0.17	1.16	Nil

〔III〕 實驗結果及びその考察

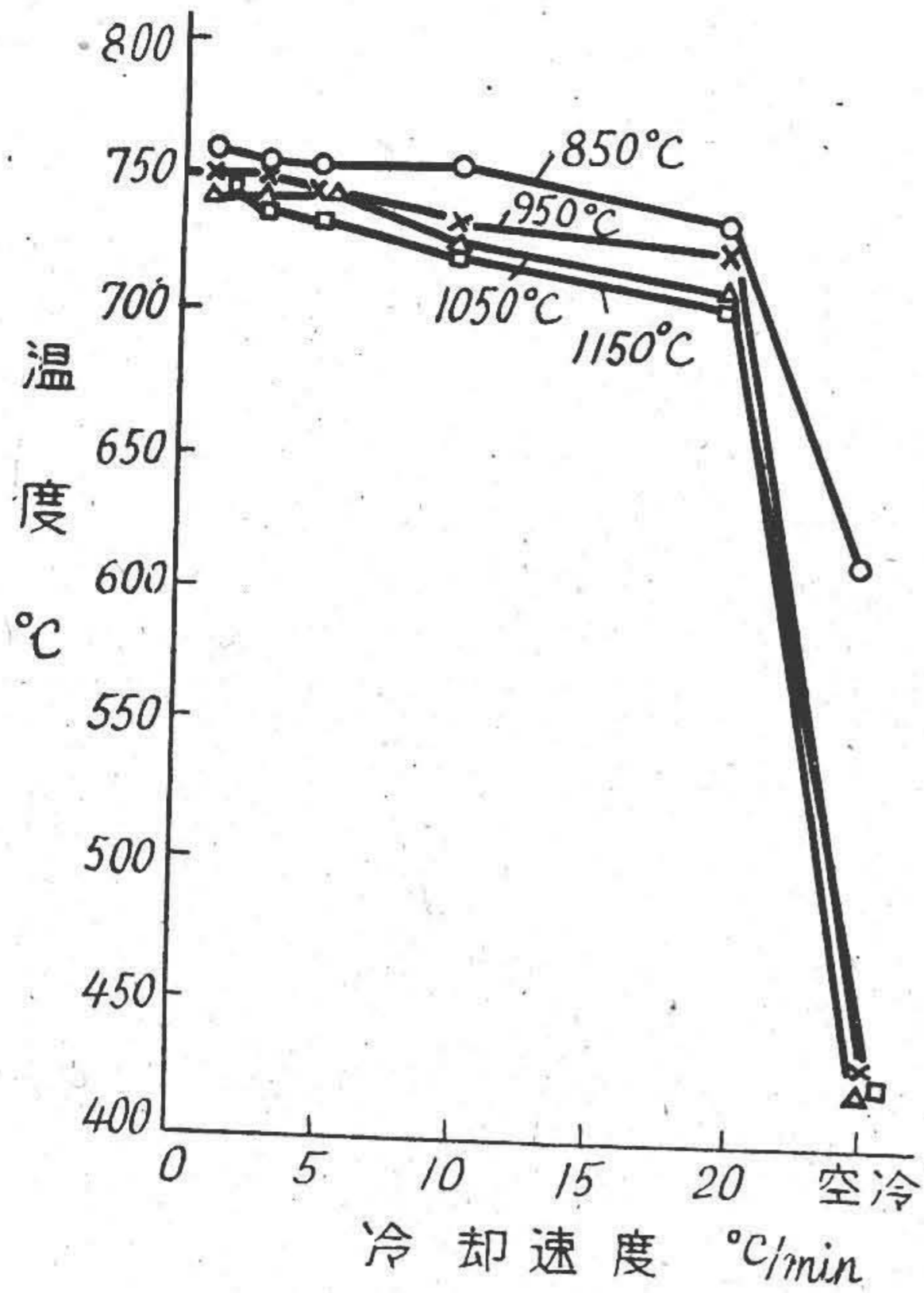
各試料を最高加熱溫度 850°、950°、1050° 及び 1150° から各々 1°, 3°, 5°, 10°, 20° C/min 及び空冷により冷却し、その變態點に及ぼす影響を調べた。その測定結果の一例を第 1 圖に示す。又最高加熱溫度對變態溫度及び冷却速度對變態溫度の曲線を第 2~7 圖に示す。同一冷却速度の場合各鋼共最高加熱溫度を上昇する程變態溫度を降下する。而して C, Mn 及び Cr 量を增加する程變態溫度が低い。殊に試料 C に於て冷却速度 20° C/min の場合 1150° より冷却すると二段に變態を生起し、約 272° 附近に Ar'' 點を現はし硬度も高い。空冷の場合は C 量低い A 試料に於ては加熱溫度 850° の際 600° 附近に Ar' 變態を生起するも、950° 以上は約 420° 附近に Ar'' 點を生ずる。C 量稍高い B 試料に於ては 400° 附近に Ar'' 點



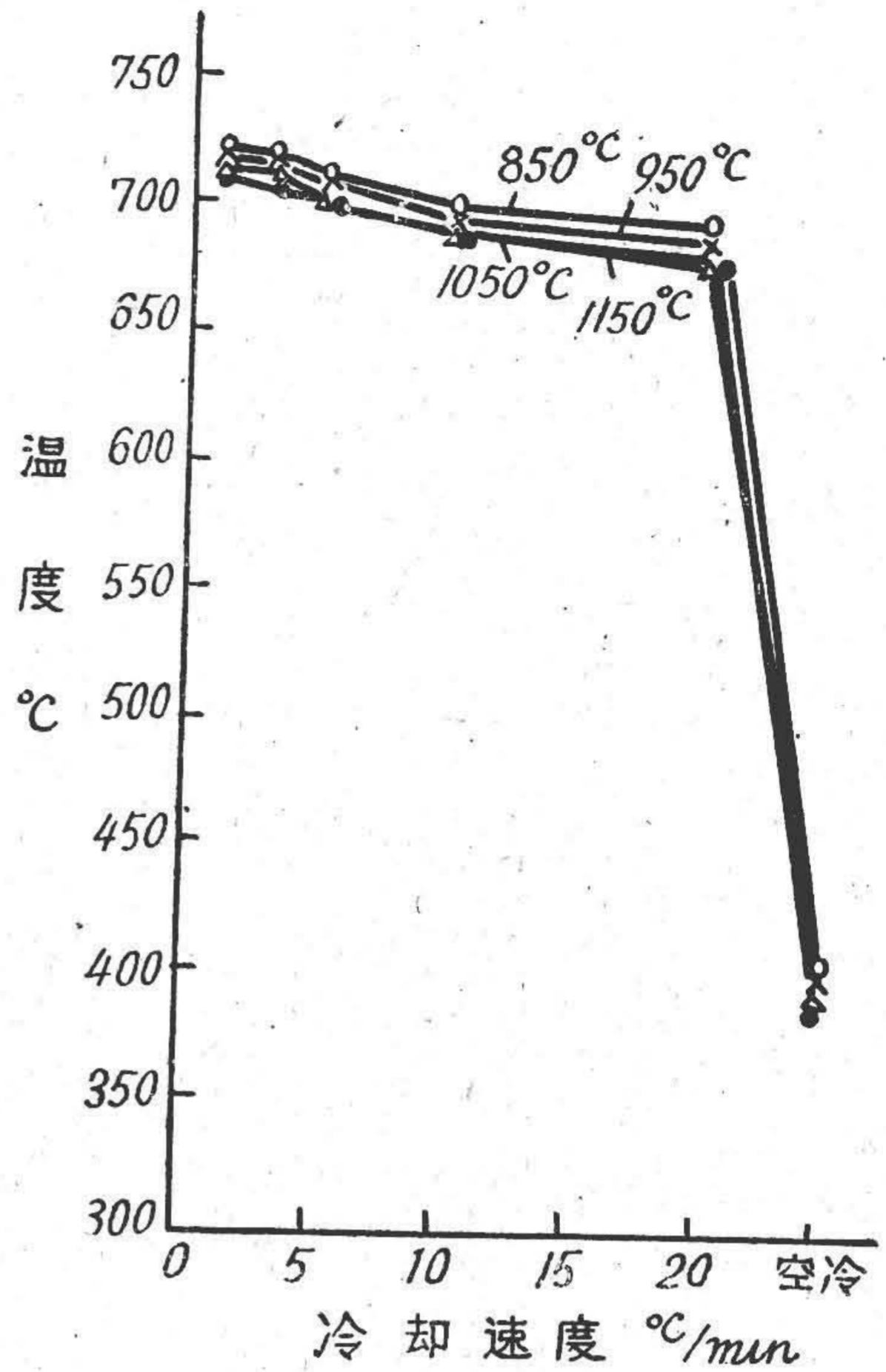
第 1 圖 A 試料の最高加熱溫度及び冷却速度の變化による熱膨脹曲線
Fig. 1 Thermal Dilatometric Curve due to Change of Heating Temperature and Cooling Velocity for Sample A.



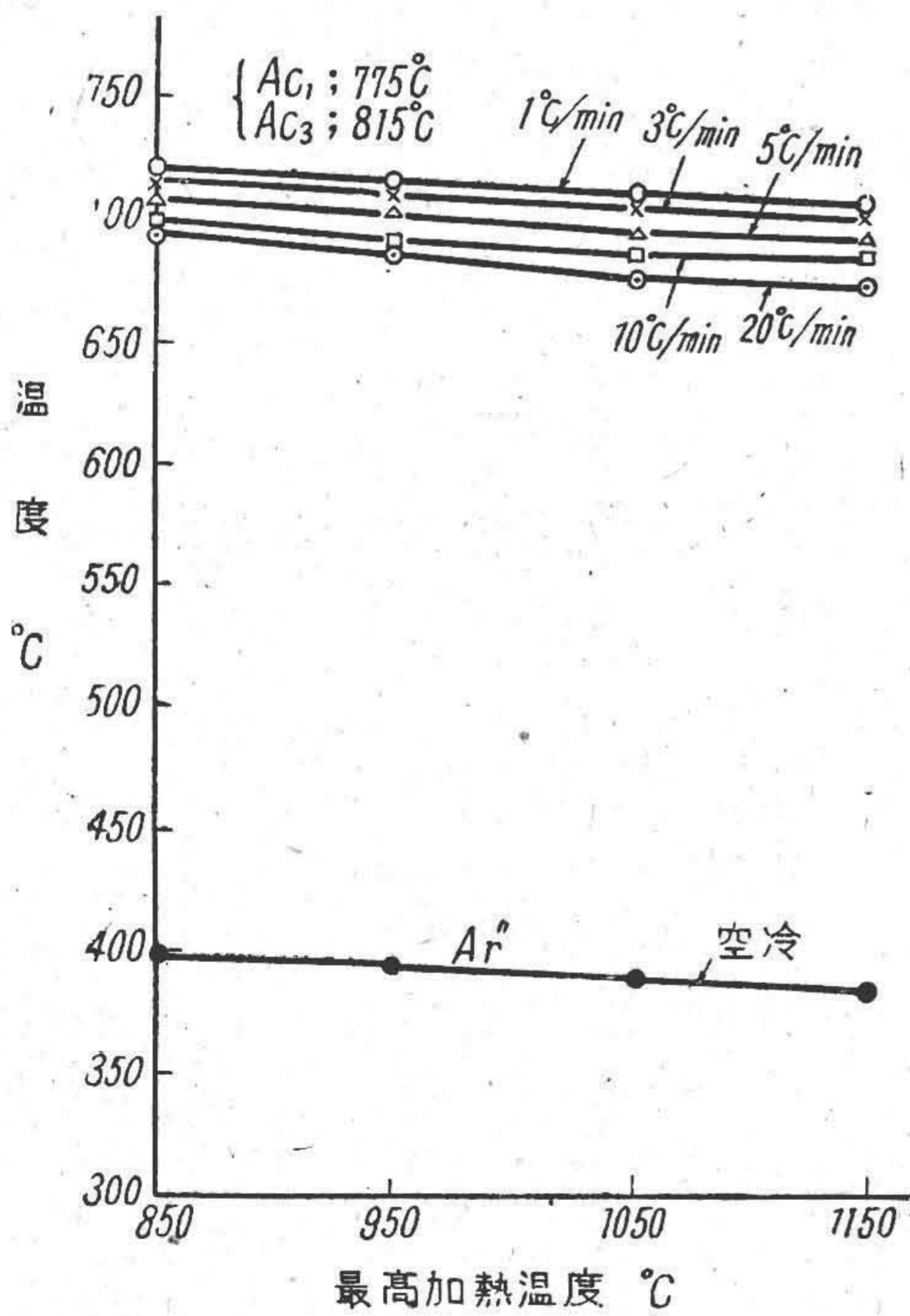
第 2 圖 最高加熱溫度と變態溫度との關係 (A 試料)
Fig. 2 Relation between Heating Temperature and Transformation Temperature. (Sample A)



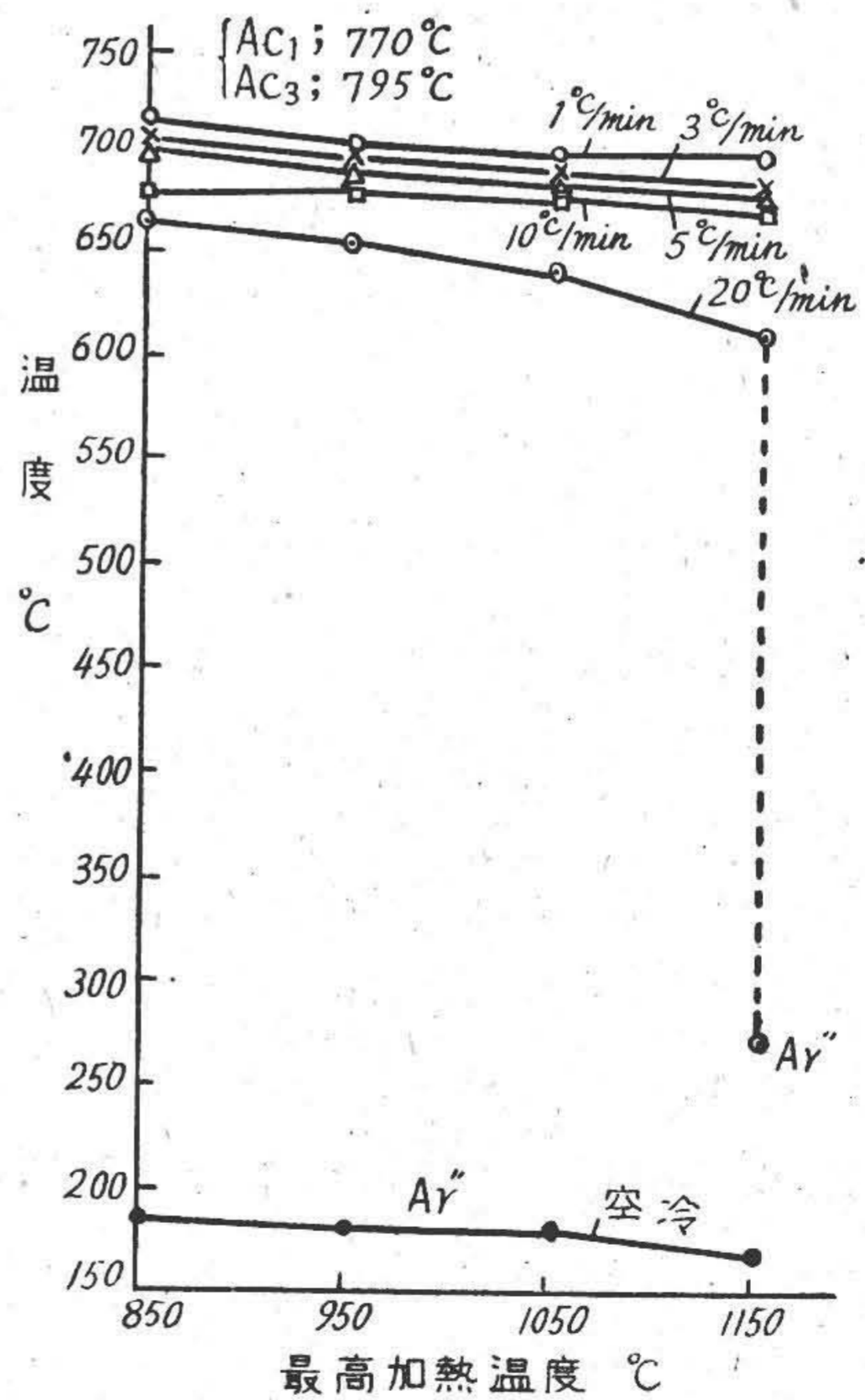
第3圖 冷却速度と變態溫度との關係 (A試料)
 Fig. 3 Relation between Cooling Velocity and Transformation Temperature. (Sample A)



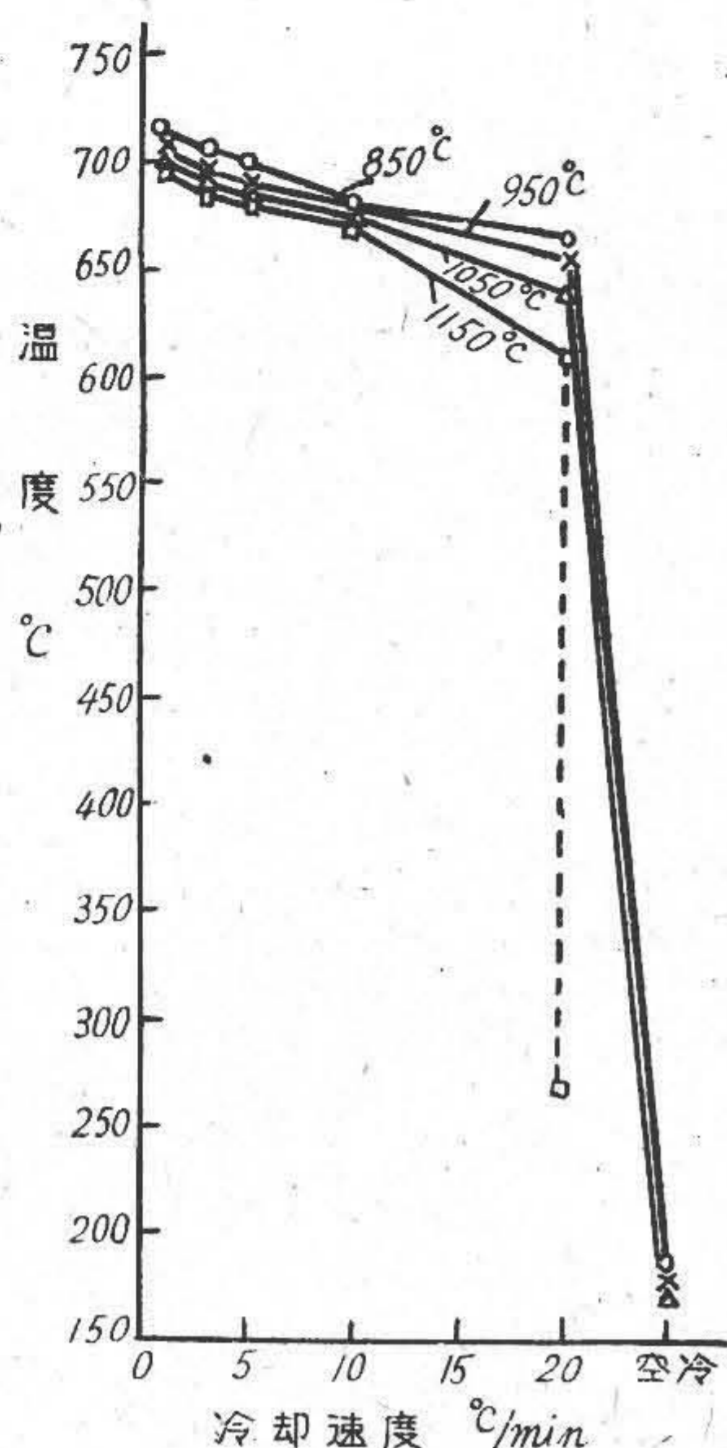
第5圖 冷却速度と變態溫度との關係 (B試料)
 Fig. 5 Relation between Cooling Velocity and Transformation Temperature. (Sample B)



第4圖 最高加熱溫度と變態溫度との關係 (B試料)
 Fig. 4 Relation between Heating Temperature and Transformation Temperature. (Sample B)



第6圖 最高加熱溫度と變態溫度との關係 (C試料)
 Fig. 6 Relation between Heating Temperature and Transformation Temperature. (Sample C)



第7圖 冷却速度と變態温度との關係 (C試料)

Fig. 7 Relation between Cooling Velocity and Transformation Temperature. (Sample C)

を生じ何れも空冷によつて焼入硬化を起すことが知られる。更にC及び合金元素量共高いC試料に於てはAr''點は著しく降下し、170°~180°附近に起る而して各鋼共最高加熱温度を上昇する程僅か乍ら低い方に移動する。

次に冷却速度の影響を見るに各最高加熱温度共冷却速度を増す程變態點を降下するも、

A及びB試料に於ては20°C/minまでは餘り著しくない。C試料に於ては稍著しい。尙空冷

の場合は前述の如く各試料共急激に變態點を降下し、變態應力を著しく増大することが窺知される。殊にC、Mn及びCr量高い程その影響が大である。従つて鋼塊或は鋼材のその鍛鍊温度からの冷却は内外の温度差を出来るだけ小にし熱應力及び變態應力を低減することが望しい。空冷の如き冷却速度を興ふる時は組成によつて異なるも200°~400°附近にr→aの格子變化を生じ、著しい容積の膨脹を生じ含有水素の壓力と相俟つて裂罅乃至白點發生の可能性が生ずる。

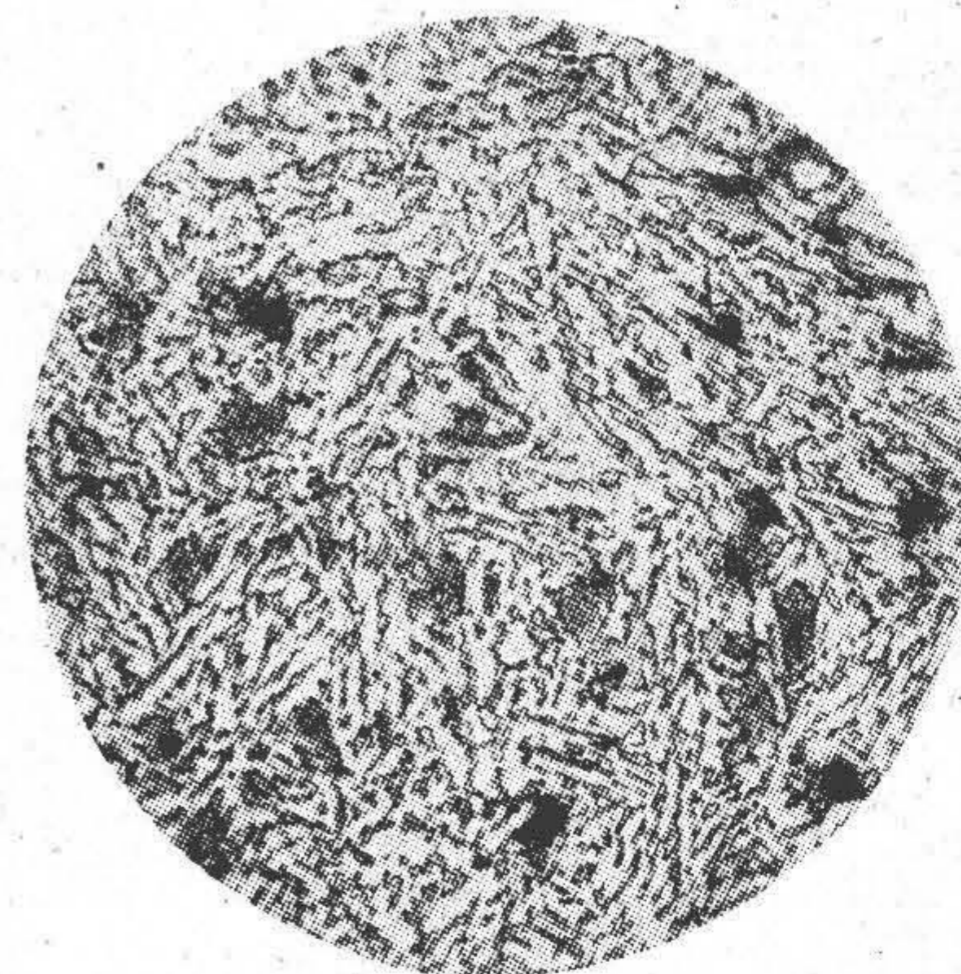
第8圖及び第9圖はA試料の1150°から5°C/min及び空冷した場合の顯微鏡組織を示す。冷却速度5°C/minの場合は735°附近にAr₁變態を生起し、よく發達した地鐵及び波來土よりなり硬度も低い。一方空冷の場合は400°附近にAr''點を生ずるも尙温度高い爲吐粒洲乃至粗粒波(針狀に現はれる)に變化する。又第10圖及び第11圖はC試料の850°及び1150°から5°C/minの冷却速度で冷却したものゝ組織を示し、第12圖は1150°から空冷した場合には異状⁽²⁾を呈し、殊に空冷の場合には170°附近

にAr''點を生じ針狀麻留田を現はし硬度もRc52を示し著しく硬化することが知られる。

之を要するに實地鍛鍊温度1100°~1150°からの冷却の場合、その冷却速度によつて變態の生起温度を異にし變態應力に相違を生ずる。殊に空冷の場合はその組成によつて著しく變態を降下し、従つて變態應力も増し裂罅或は白點を生ずるものである。それ故鍛鍊温度の如き高温から常温迄冷却し異状組織の出現を阻止する爲にはAr'を起すことなくAr₁を完了せしむる様な冷却速度で冷却すべきである。



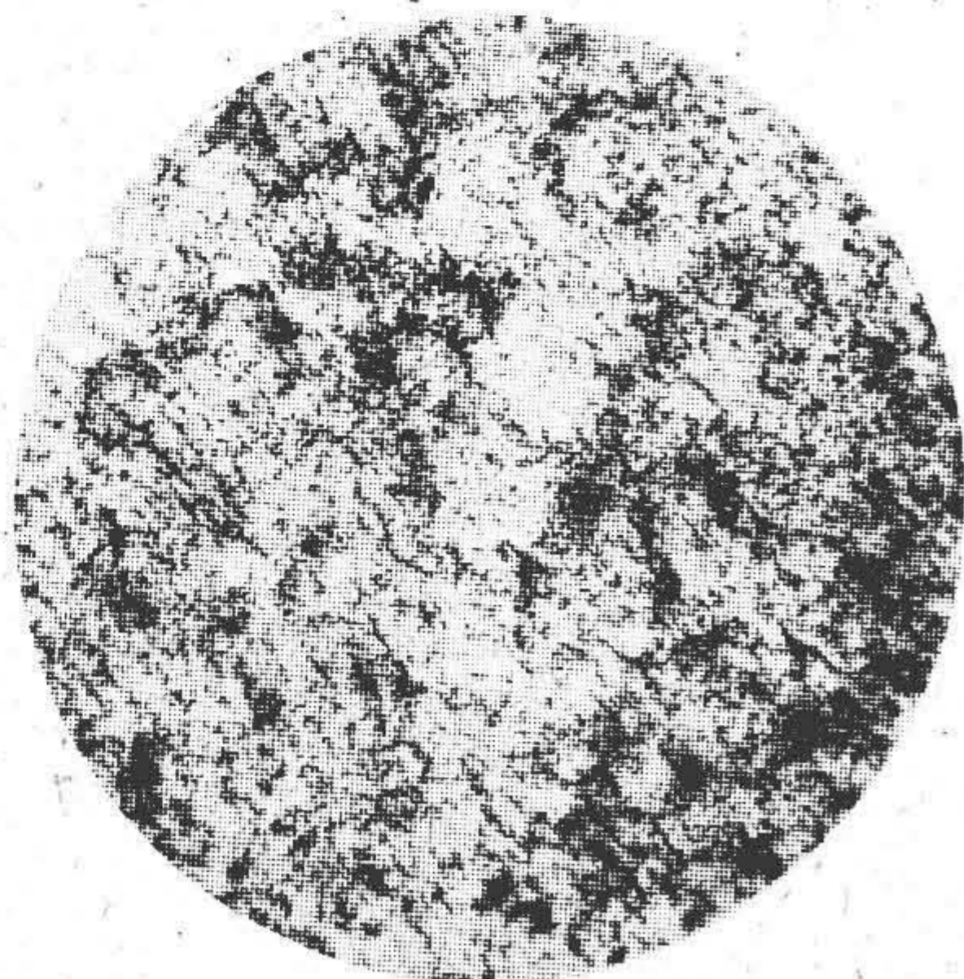
第8圖 試料A×400 1150°C→常温 5°C/min
Fig. 8 Sample A×400 1150°C→Room Temperature 5°C/min



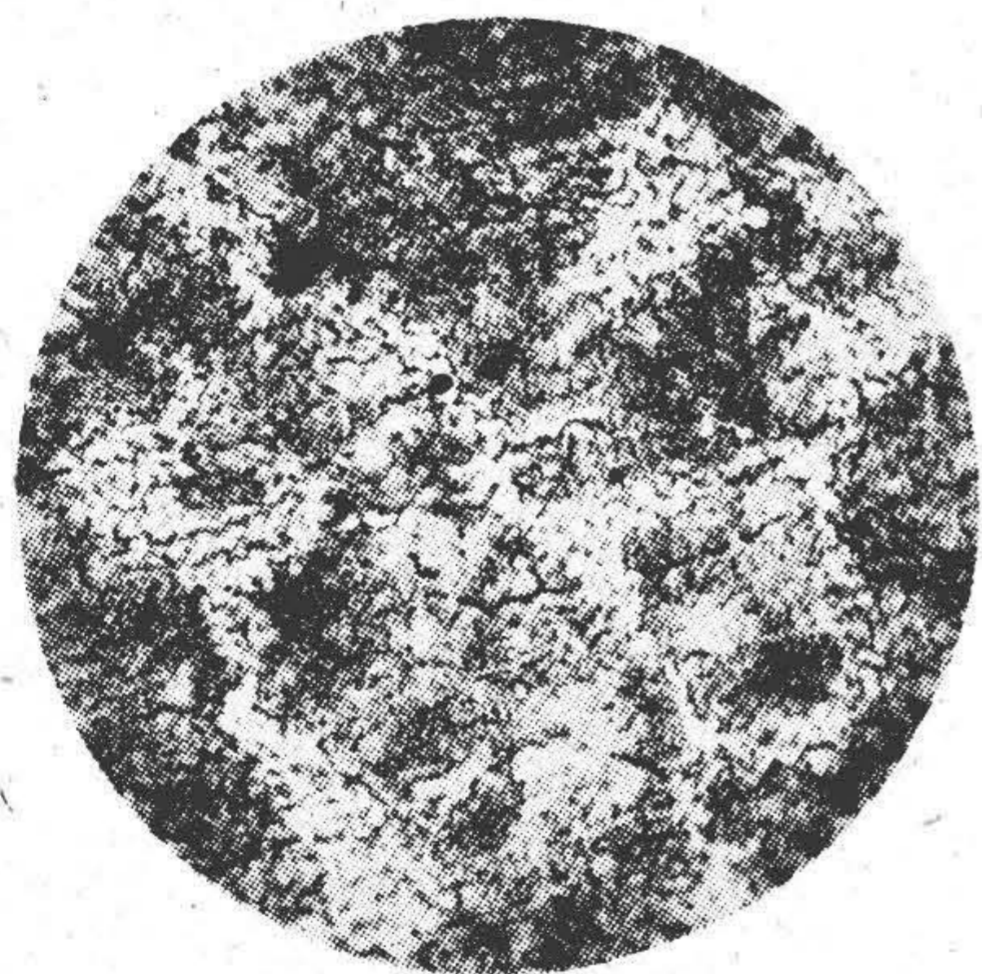
第9圖 試料A×400 1150°C→常温空冷
Fig. 9 Sample A×400 1150°C→Room Temperature Air Cooling

尙上記裂罅は400°~500°、白點は200°~300°以下で生ずる。⁽¹⁾と云はれてゐるが、これら缺陷を防止する爲には先づ高温溶解並に十分な精鍊と且つ適當な鑄造によつ

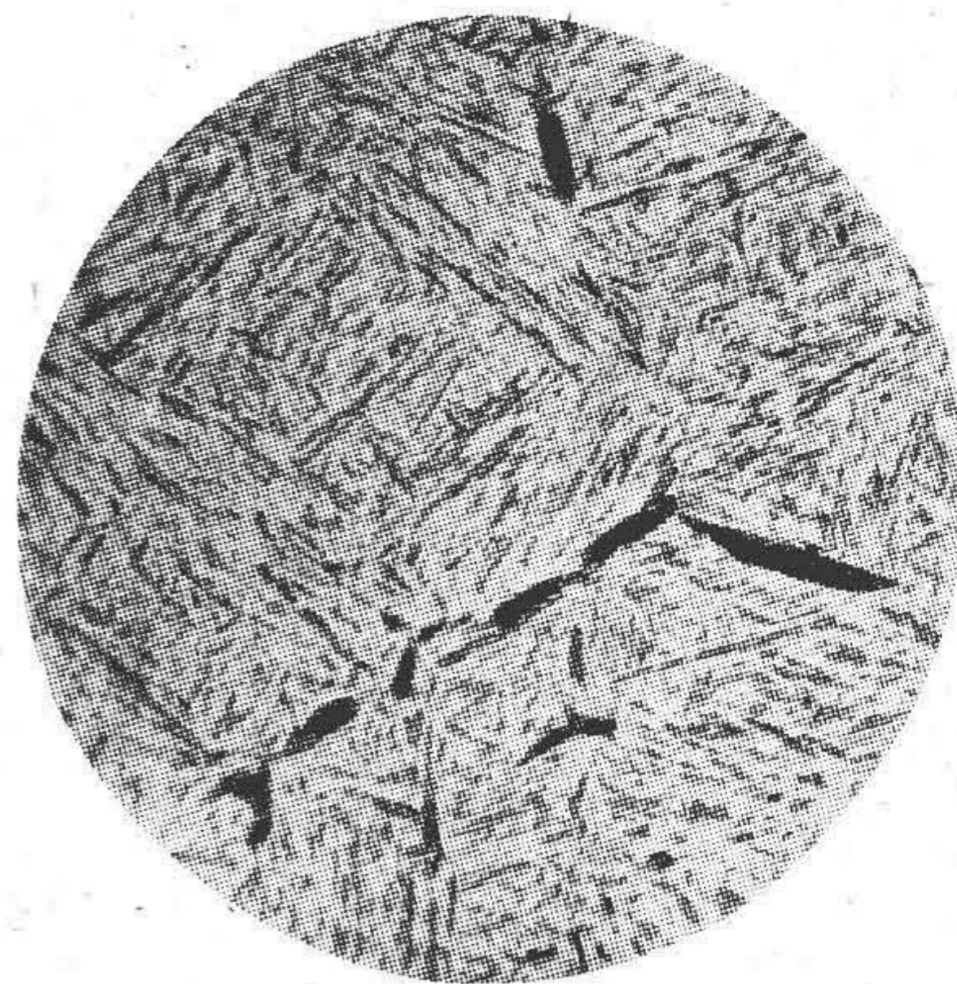
て弱点を有しない健全な鋼塊を造り、而して後徐々に冷却して内外の温度差を小にし熱應力及び變態應力を小にすることが肝要である。又氣泡、夾雜物の介在⁽³⁾、偏析等をなるべく小にすることも必要である。



第10圖 試料C×400 850°C→常溫 5°C/min
Fig. 10 Sample C×400 850°C→Room
Temperature 5°C/min.



第11圖 試料C×400 1150°C→常溫 5°C/min
Fig. 11 Sample C×400 1150°C→Room
Temperature 5°C/min.



第12圖 試料C×400 1150°C→常溫空冷
Fig. 12 Sample C×400 1150°C→Room
Temperature Air Cooling.

〔IV〕 結 論

上述の研究結果を要約すると次の通りである。

- (1) C, Si, Mn 及び Cr 量を異にする3種のSi・Mn・Cr鋼に就て鍛錬の實作業に測して最高加熱温度 850°~1150°からの冷却速度を種々變化し、その變態點の生起狀況を調べた。
- (2) 各鋼共最高加熱温度を上昇する程又冷却速度を増す程變態温度を降下する。殊に空冷の場合著しい。
- (3) C, Mn及びCr量高い場合は空冷の際 $\gamma \rightarrow \alpha$ の結晶格子變化を約 170° 附近に生起し著しく硬化する。従つて變態應力は著しく大となる。
- (4) 裂罅及び白點はその主原因が應力にある故鋼塊中の含有水素の量を輕減すると共に變態應力を出来るだけ少くすることが必要である。従つて鋼塊或は鋼材の冷却は出来るだけ緩徐に殊に 700° 以下を徐冷し Ar_1 變態を完了せしむることが必要である。

參 考 文 献

- (1) 本多、日本金屬學會誌、7 (1943)、291
- (2) 黒川、原、日本學術振興會第19小委員會報告 IV、130 (昭和12年)
- (3) 村上、日本學術振興會 第19小委員會報告 IV、194 (昭和12年)