

低 W 高速度鋼の恒温変態処理と焼戻 Ar'' 変態 および切削耐久力について

小柴定雄* 田中和夫** 稲田朝雄***

Low W Content High Speed Steel

—Isothermal Transformation Treatment, Ar'' Transformation in Tempering,
and Cutting Durability—

By Sadao Koshiba, D.S.E., Kazuo Tanaka and Asao Inada
Yasugi Metallurgical Laboratory, Yasugi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

This article is a report of the writers' study on the low W content high speed steel, particularly in regard to its isothermal transformation treatment, Ar'' transformation in tempering process, the change in I_{∞} and the durability of cutting quality, and the correlations found between them. In their research two types of specimens were used, i.e. X1 and X3 steels. And the results of their research are as summarized below:

When these specimens are held in hot bath at 250 and 300°C for long time, Bainite is formed in their structure to stabilize the residuous austenite, and by restraining thereby the occurrence of the so-called primary Ar'' transformation, it allows the austenite to remain in large amount even after the cooling process. In the tempering process, the secondary Ar'' point is raised and the expansion due to γ transforming into α becomes obvious. When the hot bath temperature is increased to 600°C the tempering Ar'' point is lowered on the contrary and the expansion remains low. The I_{∞} is proved generally low when the hot bath treatment is applied over long period at 250°C or 300°C, the latter temperature giving a larger effect. This is indicative of the abundant existence of the residuous austenite. At 600°C, however, the result is reversed and the I_{∞} increases as the hot bathing time is prolonged.

On the other hand, such a tendency is showing that steels held long in the temperature range fitted to the formation of Bainite preserves their cutting durability. In this respect, however, it seems that a further study is needed before the fact is established.

〔I〕 緒 言

高速度鋼の熱処理に関しては従来から多数の研究がなされている。ことに低W高速度鋼については、さきに著

者の一人が⁽¹⁾詳細に発表した。しかして高速度鋼の切削性能はその熱処理により著しく左右されるが、近時特に米国においては、これが性能をより向上せしめるため熱処理方法として Austemper, Double Austemper および Martemper 処理などが行われている。一方国内においても歪および焼割防止などの点から Austemperr 処

* 日立製作所安来工場冶金研究所 工博

** *** 日立製作所安来工場冶金研究所

理に関する研究はかなり行われているが、切削性能におよぼす影響などについては、あまりその発表をみない。

著者らは低W高速度鋼について、その切削性能をさらに向上せしめんとするものであるが、本研究はまず熱浴温度および保持時間の焼戻 Ar'' 点におよぼす影響ならびに切削耐久力との関係について実験し、これが熱処理上の参考に供する次第である。

〔II〕 試料および実験方法

実験に用いた試料の化学成分は第1表に示す。X1 および X3 はいずれも日立製作所安来工場製品で、JIS 規格 6 種および 4 種相当品である。試料寸度は熱膨脹試料 $7\phi \times 70$ mm, 飽和磁気の強さ I_{∞} 測定は $5\phi \times 120$ mm および切削試験用バイトは 12 mm 角, 長さ 60 mm で一端をあらかじめバイト型に荒削し熱処理した。なおこれらの試料は初め 880°C で完全焼鈍を行った。焼入炉はソルトバスを用い、 900°C に 10 分予熱後バイトは 1.5 分, その他は 1 分浸漬した。焼入温度は X1, $1,280^{\circ}\text{C}$ および X3 は $1,300^{\circ}\text{C}$ とした。しかる後 $100\sim 600^{\circ}\text{C}$ の各熱浴に急冷し, 10 分~10 時間保持後 50°C の油中に急冷した。これらの各試料により切削試験および 600°C 焼戻における Ar'' 変態の生起状況ならびに弾動電流計法による I_{∞} を測定し, これより残留オーステナイトの変化を調べた。なお切削試験における被切削材は Ni~Cr 鋼 $140\phi \times 700$ mm で, ブリネル硬度 350 のものを用いた。その主成分は C 0.31%, Ni 2.65% および Cr 0.8% である。

〔III〕 実験結果

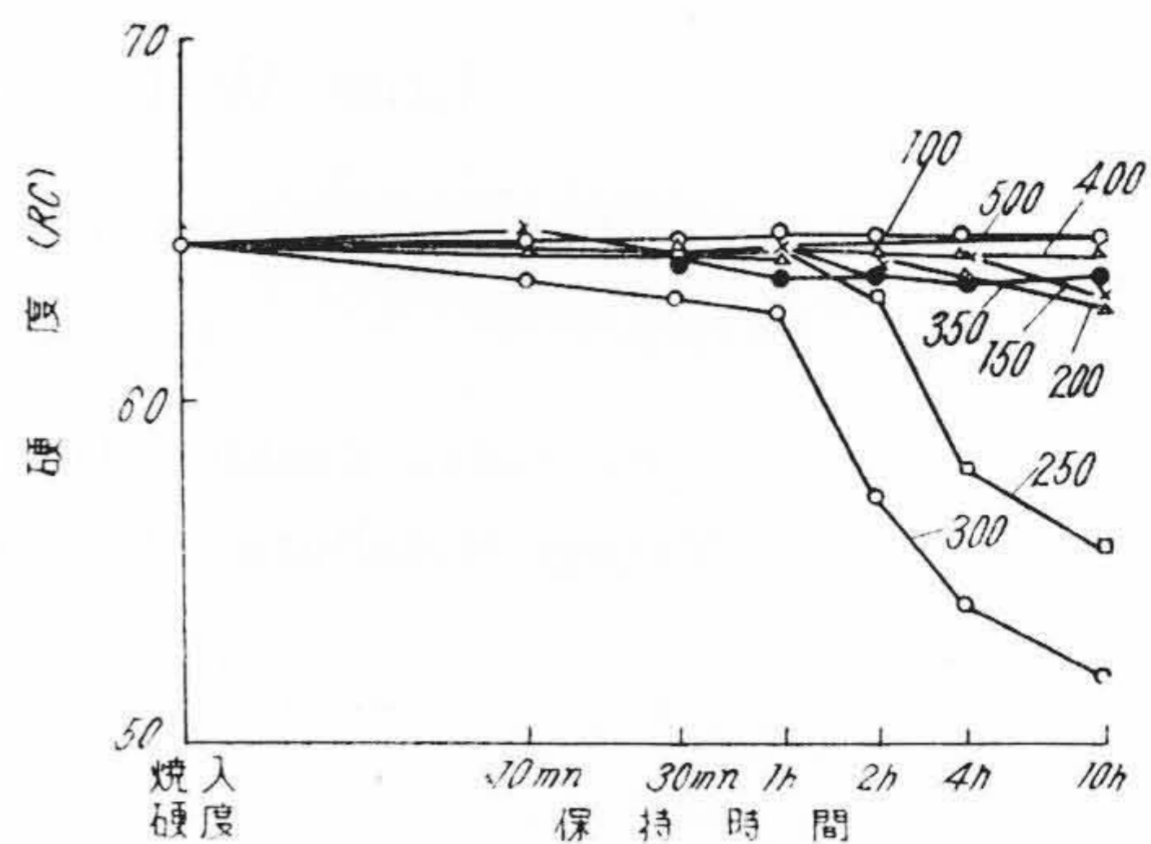
(1) 熱浴温度および保持時間と硬度との関係

前述のバイト試料を用い, それぞれの最高加熱温度から熱浴 $100\sim 500^{\circ}\text{C}$ に 10 分~10 時間保持し, 各時間恒温変態を行わしめた後油冷したものにつき硬度を測定した。第1図および第2図はその結果を示す。まず X1 の場合熱浴 100°C ではほとんど硬度の変化を示さないが, 150 および 200°C では保持時間 10 時間で僅かに低下の傾向を示す。 250°C では 1 時間附近よりやや急激に硬度を減少する。また 300°C では 10 分附近より硬度を低下し, 前述に比し変態進行速度の大なることが窺われる。しかして $350, 400$ および 500°C の場合はほとんど変りない。すなわちこの温度においてはオーステナイトはきわめて安定な状態にあることが知られる。また X3 においてもその傾向はほぼ同様であるが, 200°C における硬度の低下は前述のそれに比し可成り著しい。 250 および 300°C ではそれぞれ保持時間 2 および 1 時間附近まで急激に硬度を減少するが, それ以上ではあまり変りなく,

第 1 表 試料の化学成分

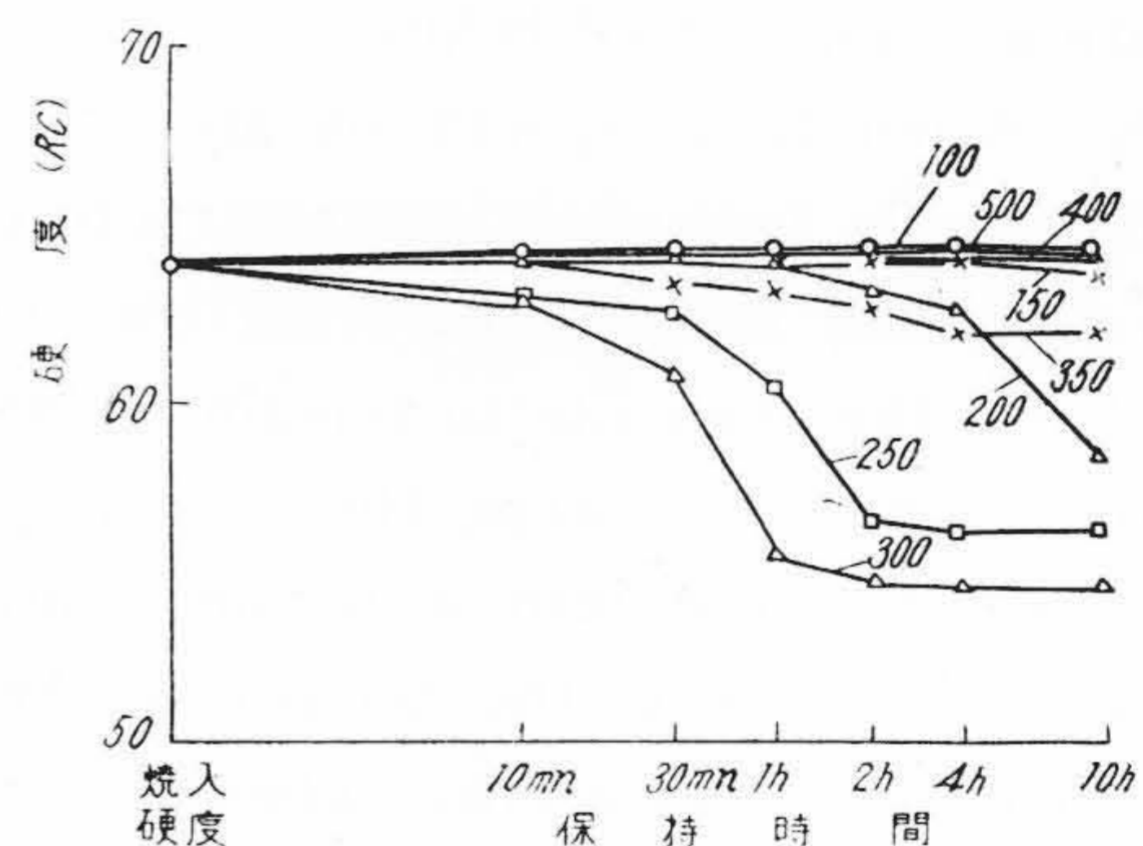
Table 1. Chemical Composition of Specimen

鋼種	符号	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	V	Co
X1	X1	0.73	0.18	0.50	0.021	0.005	4.36	10.66	1.70	—
X000	X3	0.75	0.04	0.44	0.018	0.006	4.03	14.70	1.68	9.37



第 1 図 X1 の熱浴温度および保持時間と硬度との関係 (最高加熱温度 $1,280^{\circ}\text{C}$)

Fig. 1. Relations between Hot Bath Temperature, Holding Time and Hardness of X1 (Max. Temp. $1,280^{\circ}\text{C}$)

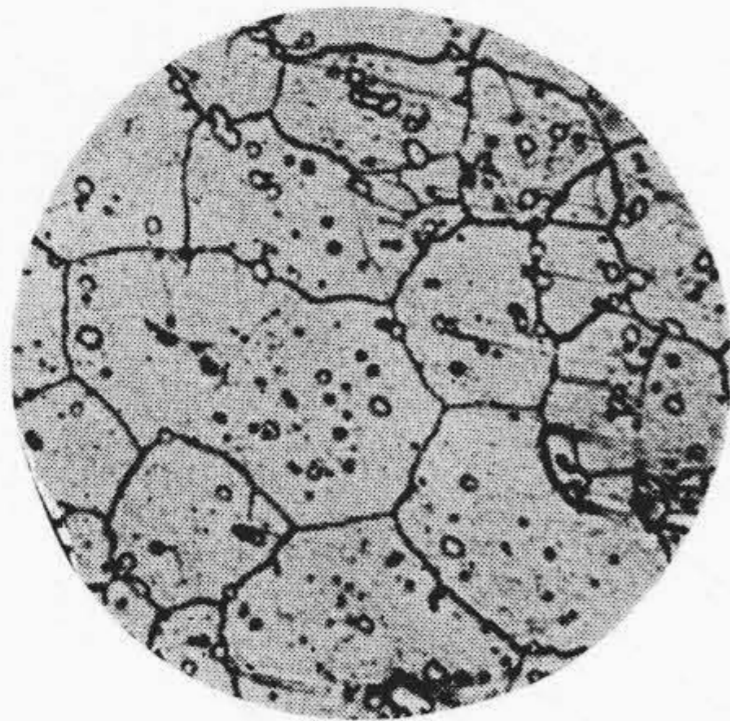


第 2 図 X3 の熱浴温度および保持時間と硬度との関係 (最高加熱温度 $1,300^{\circ}\text{C}$)

Fig. 2. Relations between Hot Bath Temperature, Holding Time and Hardness of X3 (Max. Temp. $1,300^{\circ}\text{C}$)

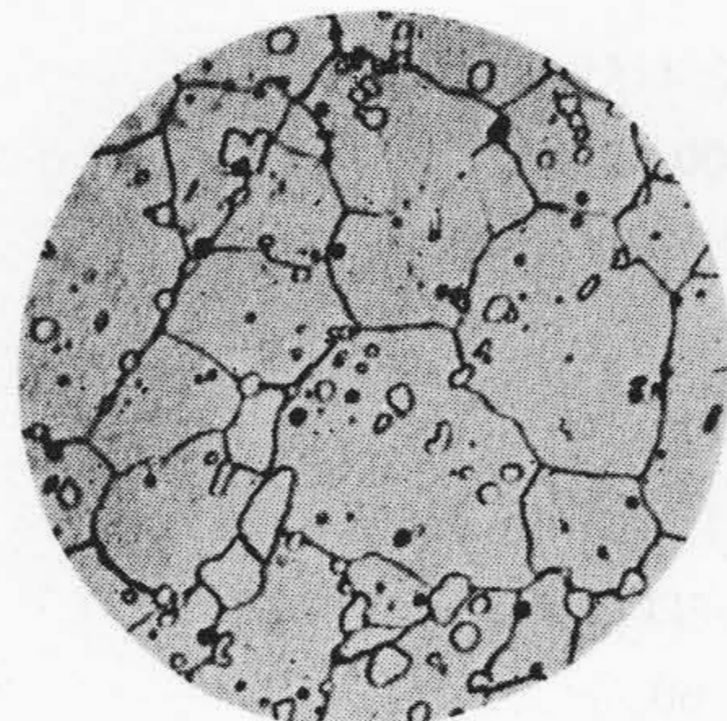
この附近で概ね変態を終了しているものと思われる。したがって X1 に比し変態速度大なることが思考される。

つぎにこれらの試料につき顕微鏡組織を調べた。第3図および第4図は X1 および X3 の油焼入したものまた第5図および第7図は X1 の熱浴 200°C に 10 時間 および 300°C に 1 および 10 時間保持した場合の組織を示す。すなわち 300°C では 1 時間で可成りの針状ベイナイトが現われ, 時間とともにその量を増すが, この場合針状はやや小さくなる傾向にみられる。また第8図~第13図は X3 についての 1 例を示す。熱浴 150 および



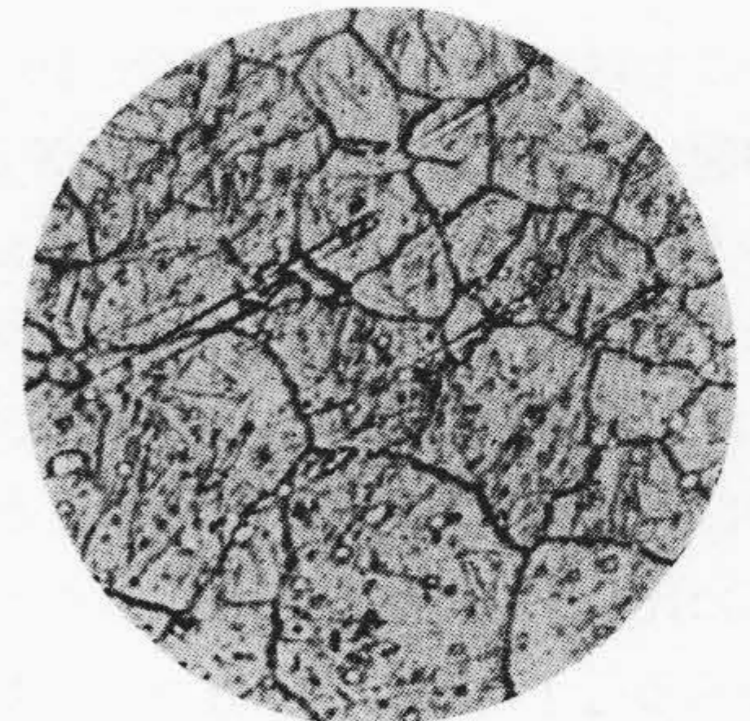
第3図 X1, 1,280°C 油焼入
×400

Fig. 3. X1, Oil Quenched
at 1,280°C ×400



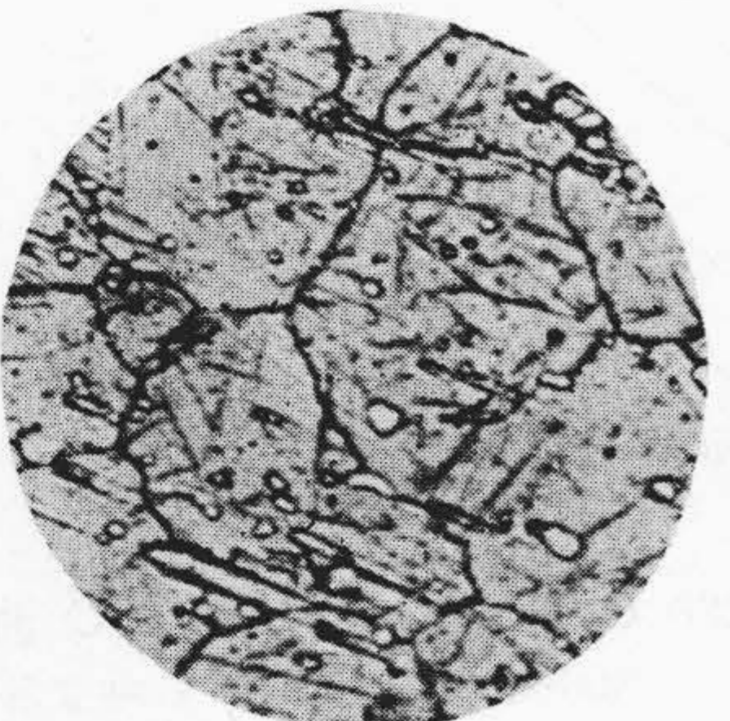
第4図 X3, 1,300°C 油焼入
×400

Fig. 4. X3, Oil Quenched
at 1,300°C ×400



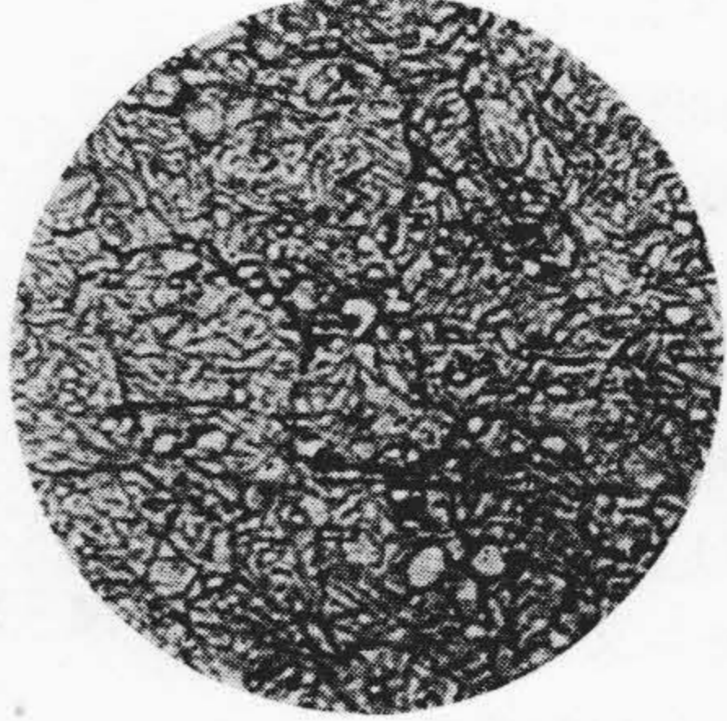
第5図 X1, 1,280°C/200°C
×10 h ×400

Fig. 5. X1, 1,280°C/200°C
×10 h ×400



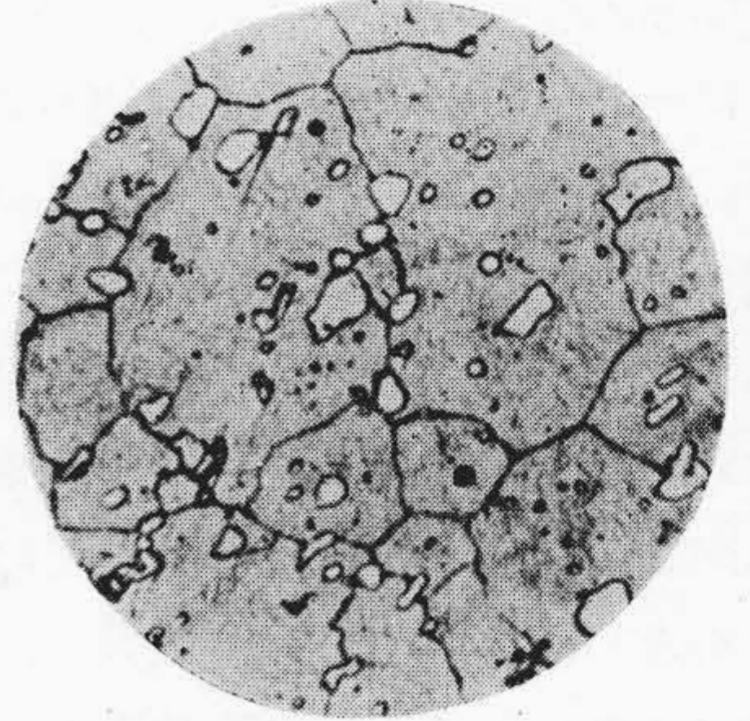
第6図 X1, 1,280°C/300°C
×1 h ×400

Fig. 6. X1, 1,280°C/300°C
×1 h ×400



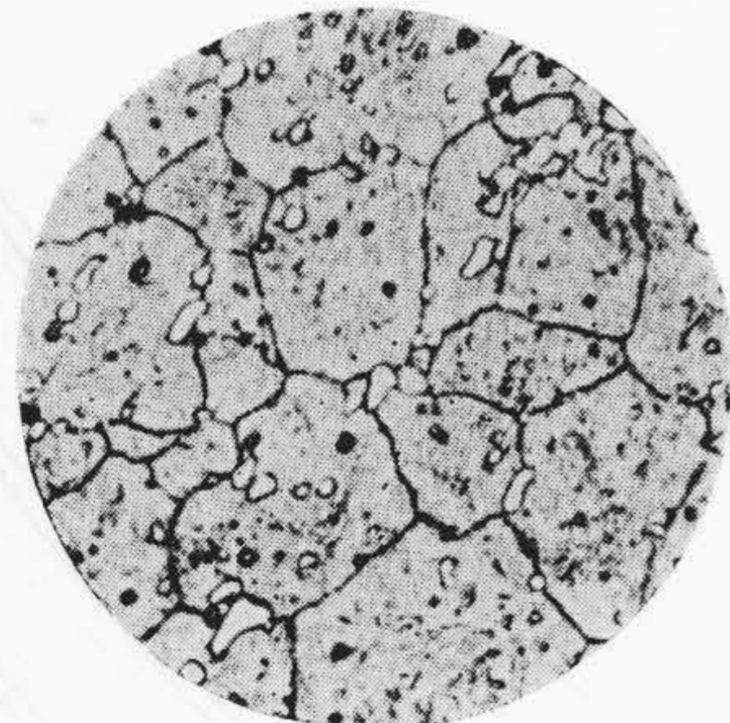
第7図 X1, 1,280°C/300°C
×10 h ×400

Fig. 7. X1, 1,280°C/300°C
×10 h ×400



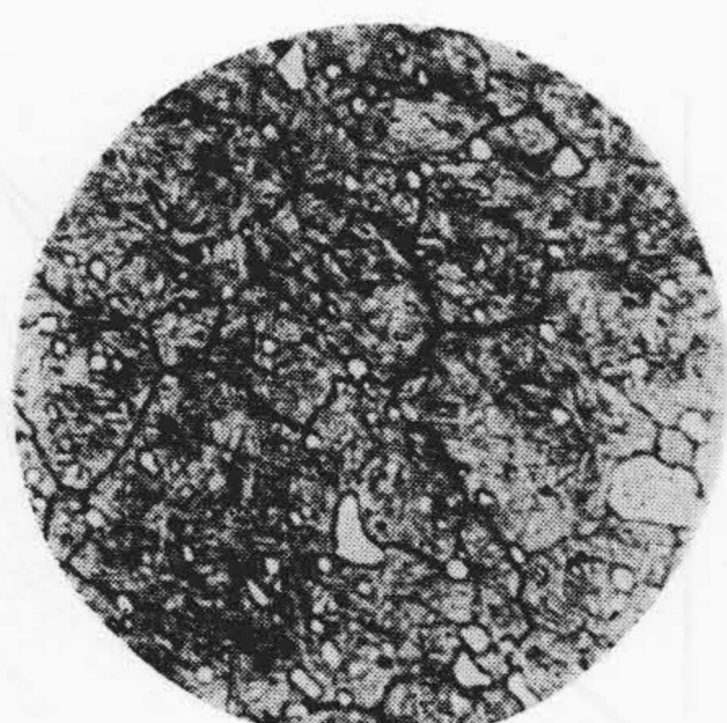
第8図 X3, 1,300°C/150°C
×10 h ×400

Fig. 8. X3, 1,300°C/150°C
×10 h ×400



第9図 X3, 1,300°C/300°C
×10 mn ×400

Fig. 9. X3, 1,300°C/300°C
×10 mn ×400



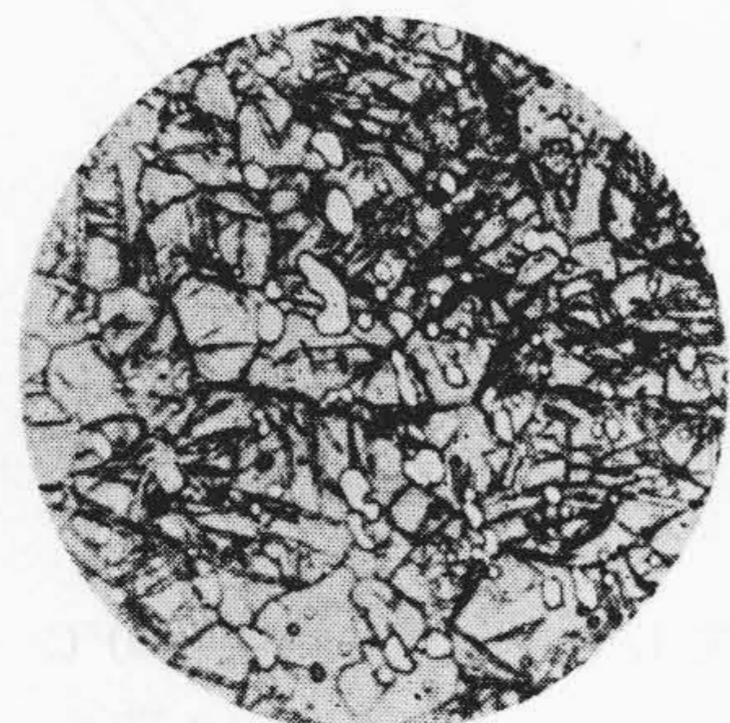
第10図 X3, 1,300°C/300°C
×10 h ×400

Fig. 10. X3, 1,300°C/300°C
×10 h ×400



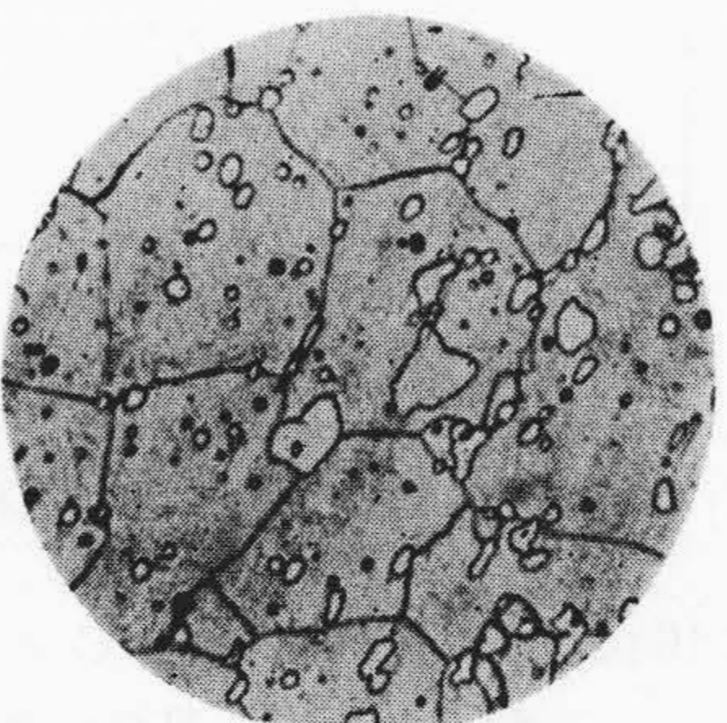
第11図 X3, 1,300°C/350°C
×10 mn ×400

Fig. 11. X3, 1,300°C/350°C
×10mn ×400



第12図 X3, 1,300°C/350°C
×1 h ×400

Fig. 12. X3, 1,300°C/350°C
×1 h ×400



第13図 X3, 1,300°C/400°C
×10 h ×400

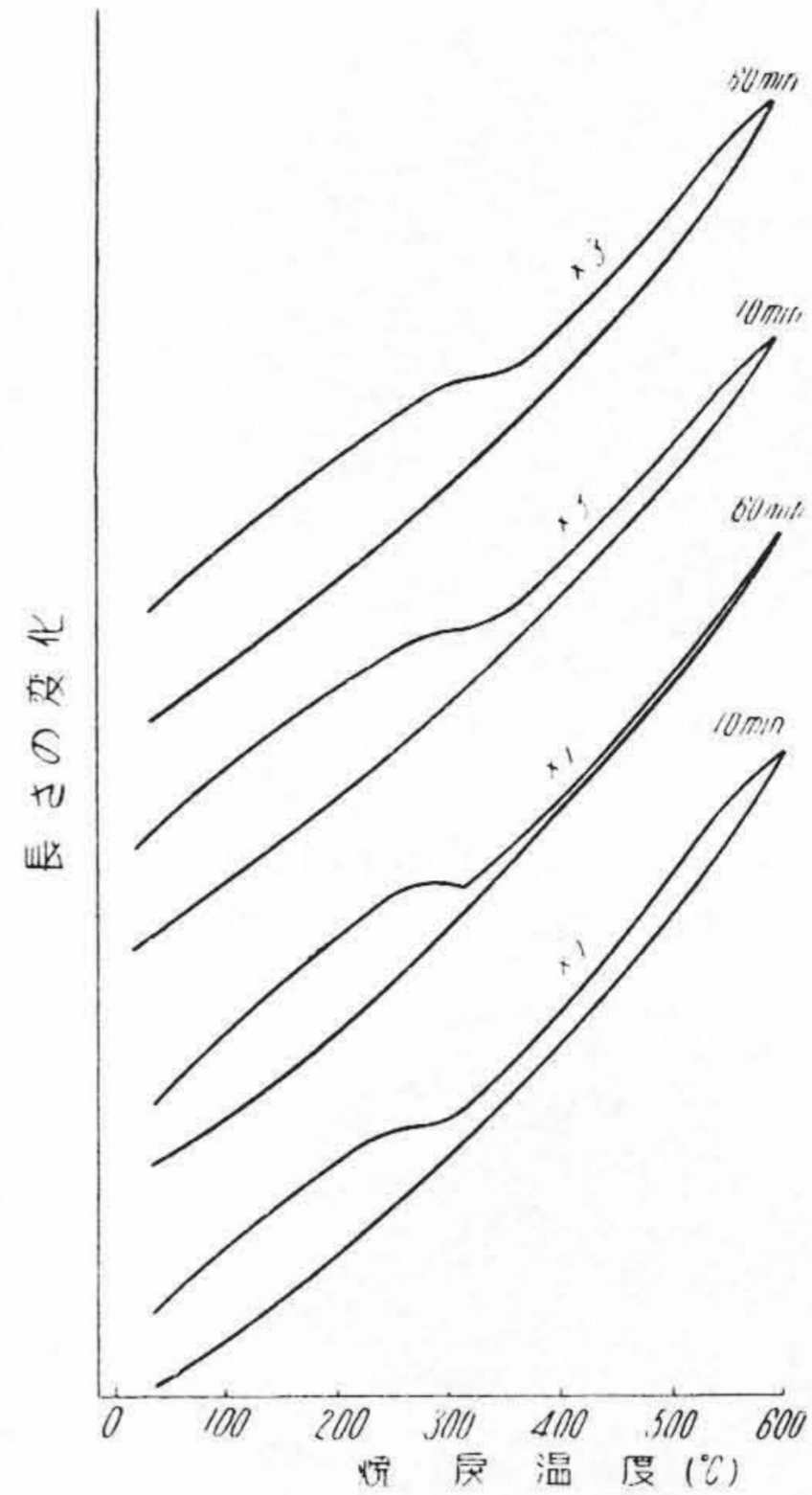
Fig. 13. X3, 1,300°C/400°C
×10 h ×400

400°C に 10 時間保持せるものはなんら変化が認められず前述の硬度と一致する。300 および 350°C のものは針状ベイナイトが明瞭に現われ、時間とともに進行することが知られる。

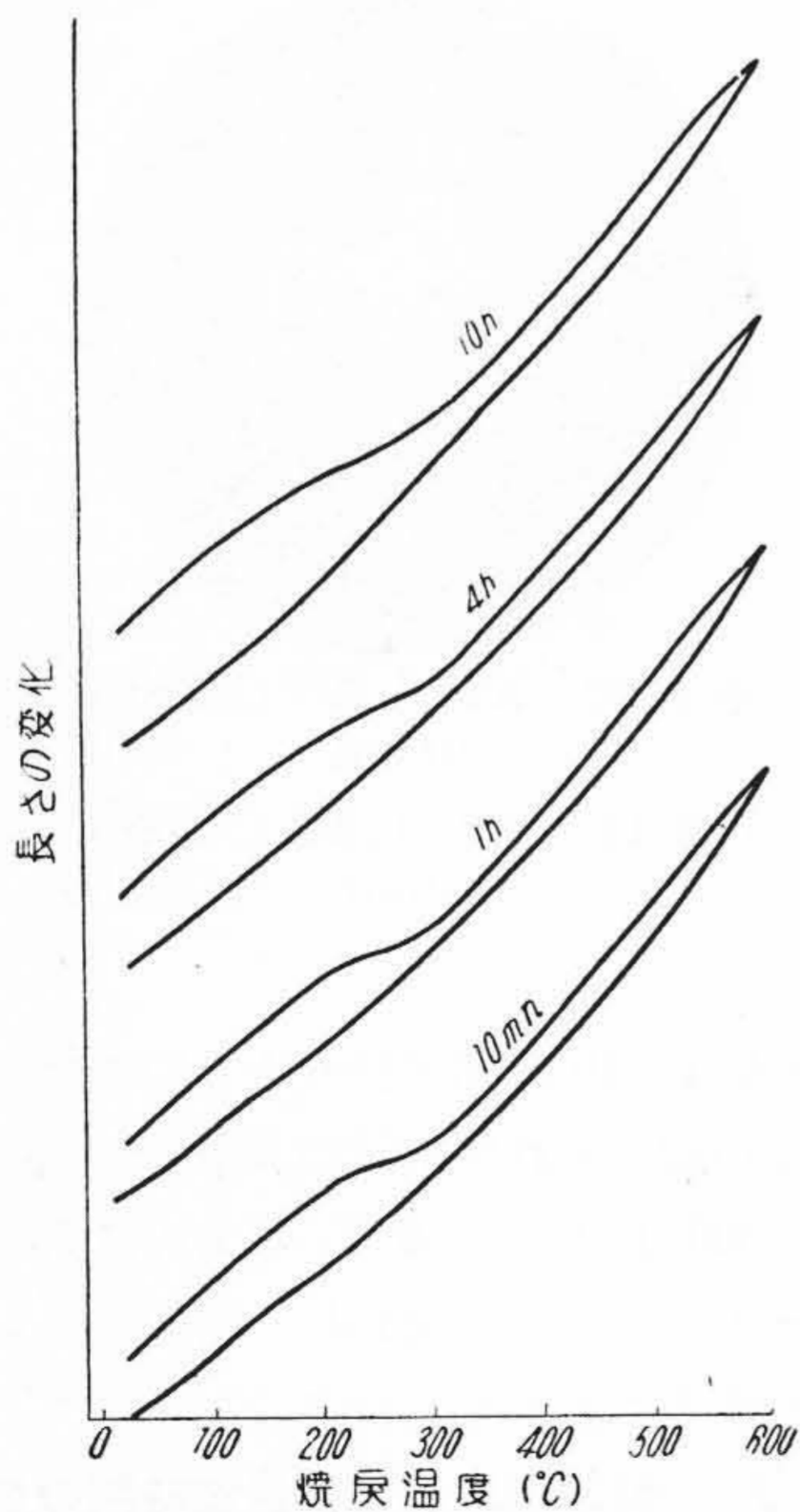
(2) 熱浴温度および保持時間の焼戻変態 Ar'' におよぼす影響

熱浴 100~600°C に各時間保持し、後油冷したものにつき本多式熱膨脹計を用い 600°C 焼戻における Ar'' 変態の生起状況を調べた。なお冷却速度は 5°C/mn

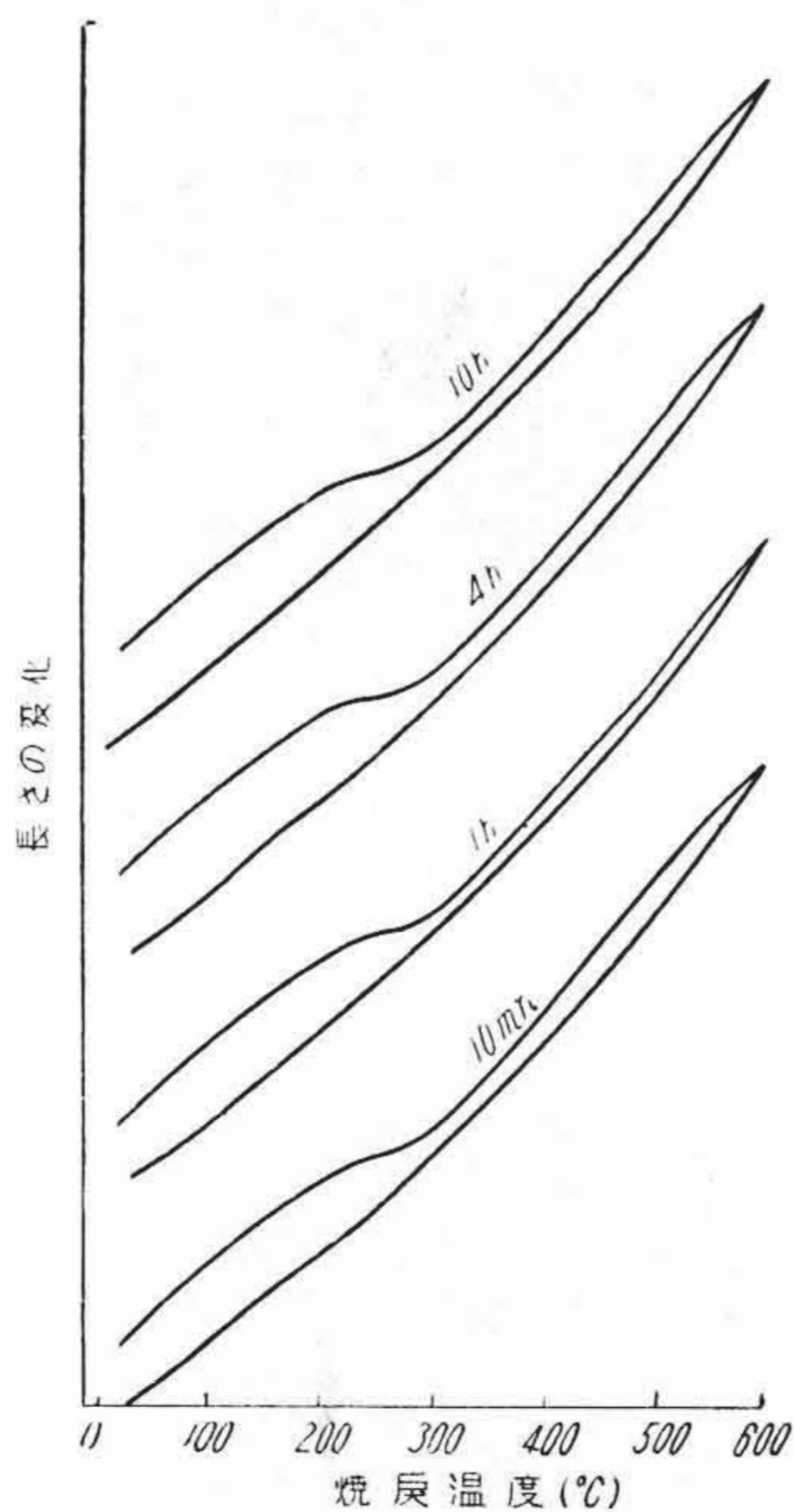
および加熱速度は時間の関係で $10^{\circ}\text{C}/\text{mn}$ とした。まず第14図は X1, $1,280^{\circ}\text{C}$ および X3 は $1,300^{\circ}\text{C}$ 油焼入せるものについて 600°C 焼戻における保持時間の影響を示す。すなわち X1 の場合保持時間 10 分では約 297°C および 60 分では約 321°C で、時間の長い方 Ar'' 点の開始温度は高温側に移る。また Co を含む X3 は X1 に比し一般に変態温度は高いがその傾向は前者と同様である。すなわち 10 分で約 346 および 60 分では約 358°C で生起する。したがって保持時間を増すことにより, Ar'' 点を上昇するが本実験では 600°C 加熱における保持時間を一応 10 分とした。第15図~第23図は X1 の熱膨脹曲線を示す。すなわち熱浴 100, 150 および 200°C にそれぞれ 10 分, 1 時間および 4 時間保持したものは, 油焼入の場合と Ar'' 点はほとんど変りない。10 時間のもの特に 150 および 200°C のものにおいては僅かに上昇する傾向を有するとみられるもあまりあきらかでない。なお常温における膨脹の程度は10時間のものは他に比してやや大きい。 250°C では 4 時間以上保持のものはあきらかに Ar'' 点を上昇しかつ残留オーステナイトのマルテンサイトへの変化量も大である。なお Ar'' 点は 4 時間の方が10時間に比しやや高温側にあるごとくみられるもあまりあきらかでない。しかしてこの場合常温



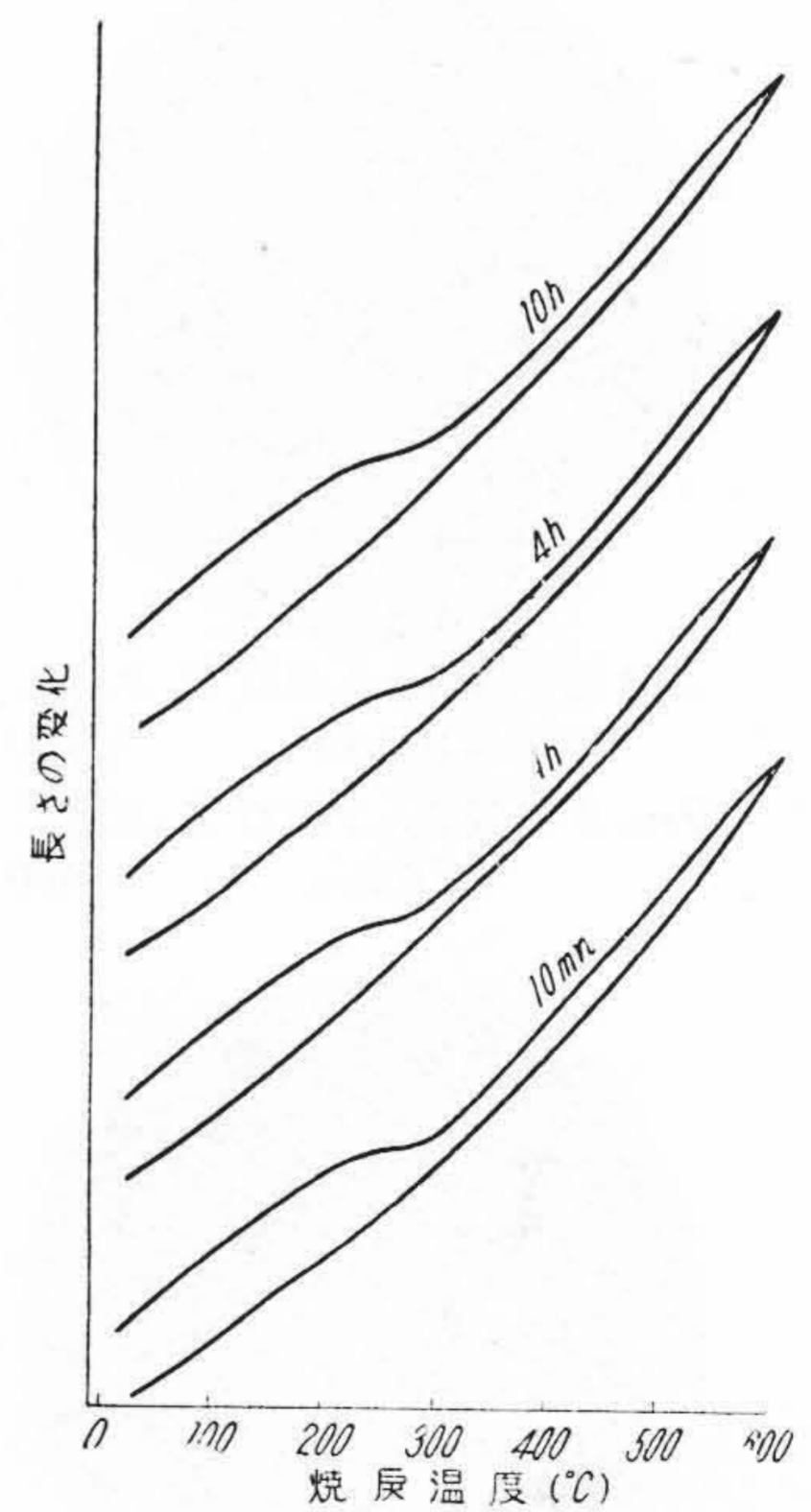
第 14 図 X1, $1,280^{\circ}\text{C}$ および X3, $1,300^{\circ}\text{C}$ 油焼入せるもの、 600°C 焼戻における熱膨脹曲線
 Fig.14. Tempering Dilatation Curve at 600°C of X1, and X3 Oil Quenched at $1,280^{\circ}\text{C}$ and $1,300$ Respectively



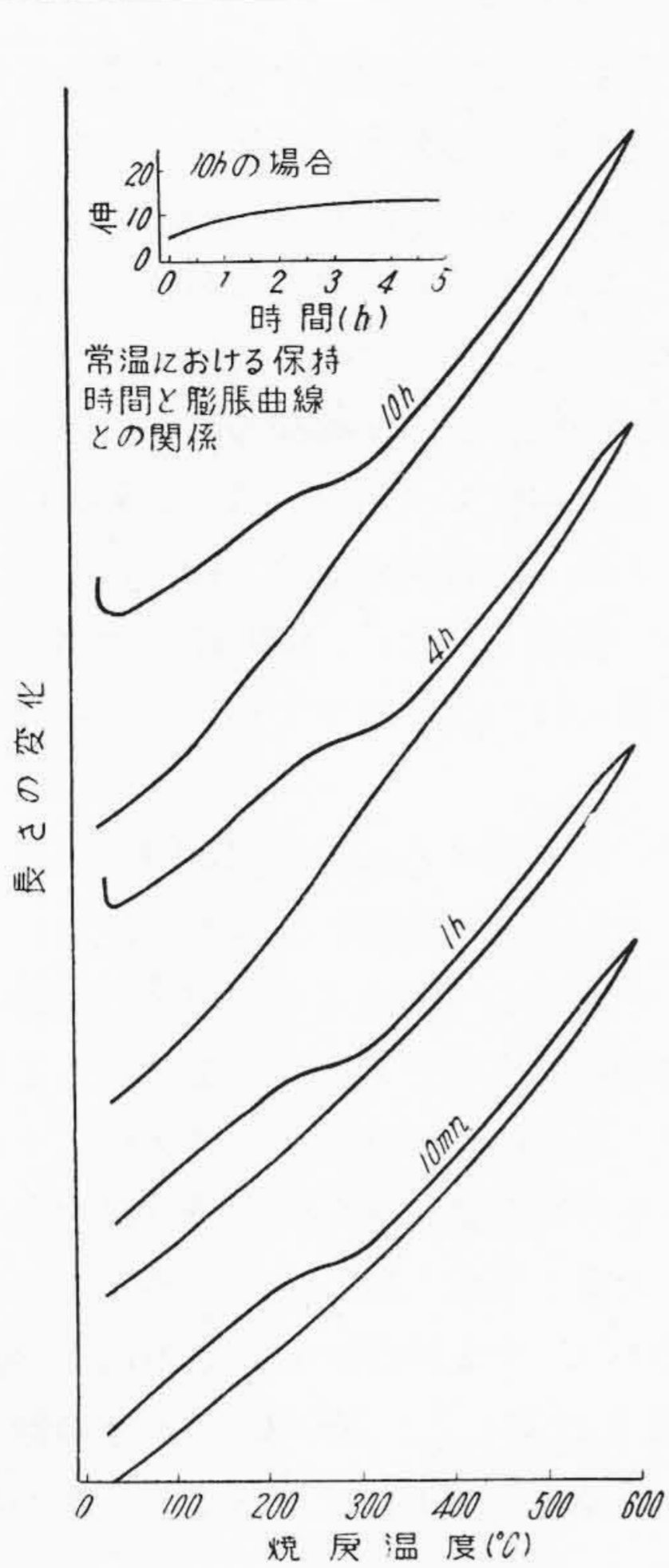
第 15 図 X1 の熱浴 100°C に保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
 Fig.15. Tempering Dilatation Curves of X1 Held in 100°C Hot Bath



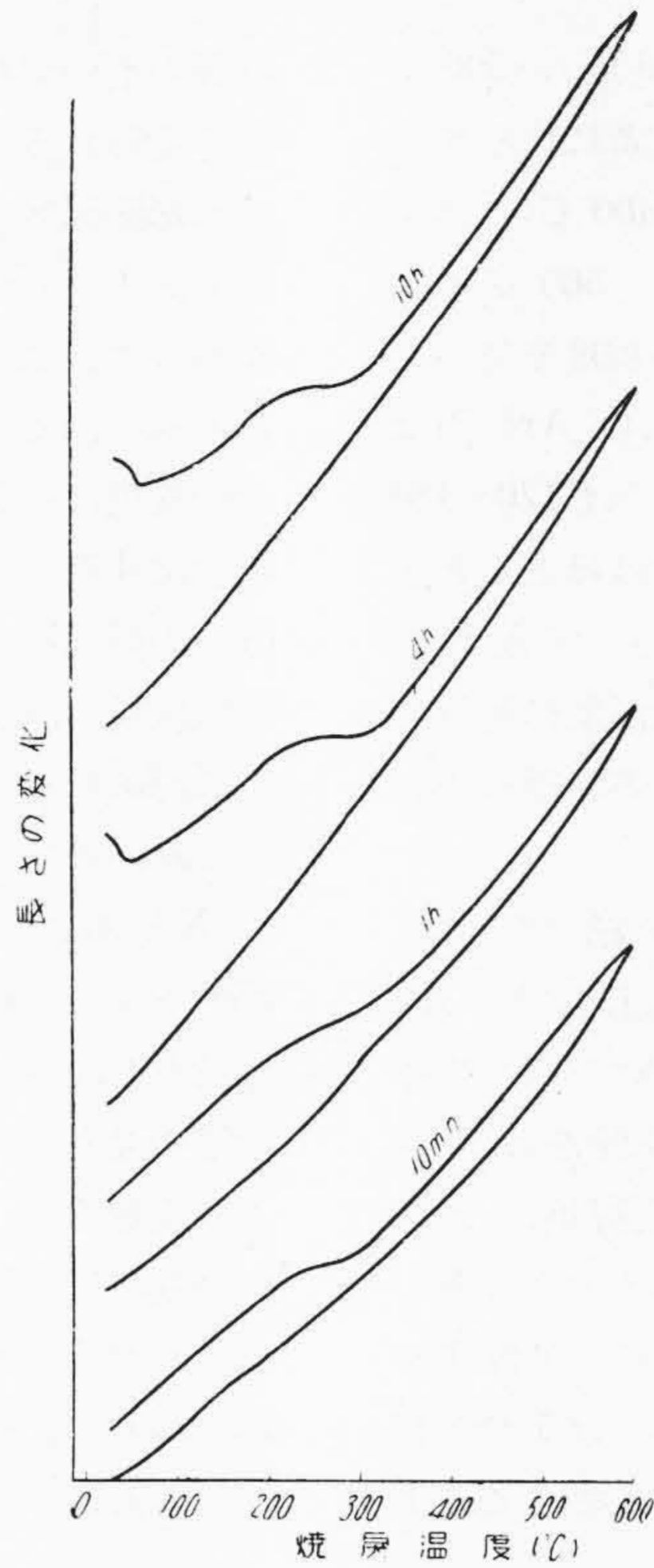
第 16 図 X1 の熱浴 150°C に保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
 Fig.16. Tempering Dilatation Curves of X1 Held in 150°C Hot Bath



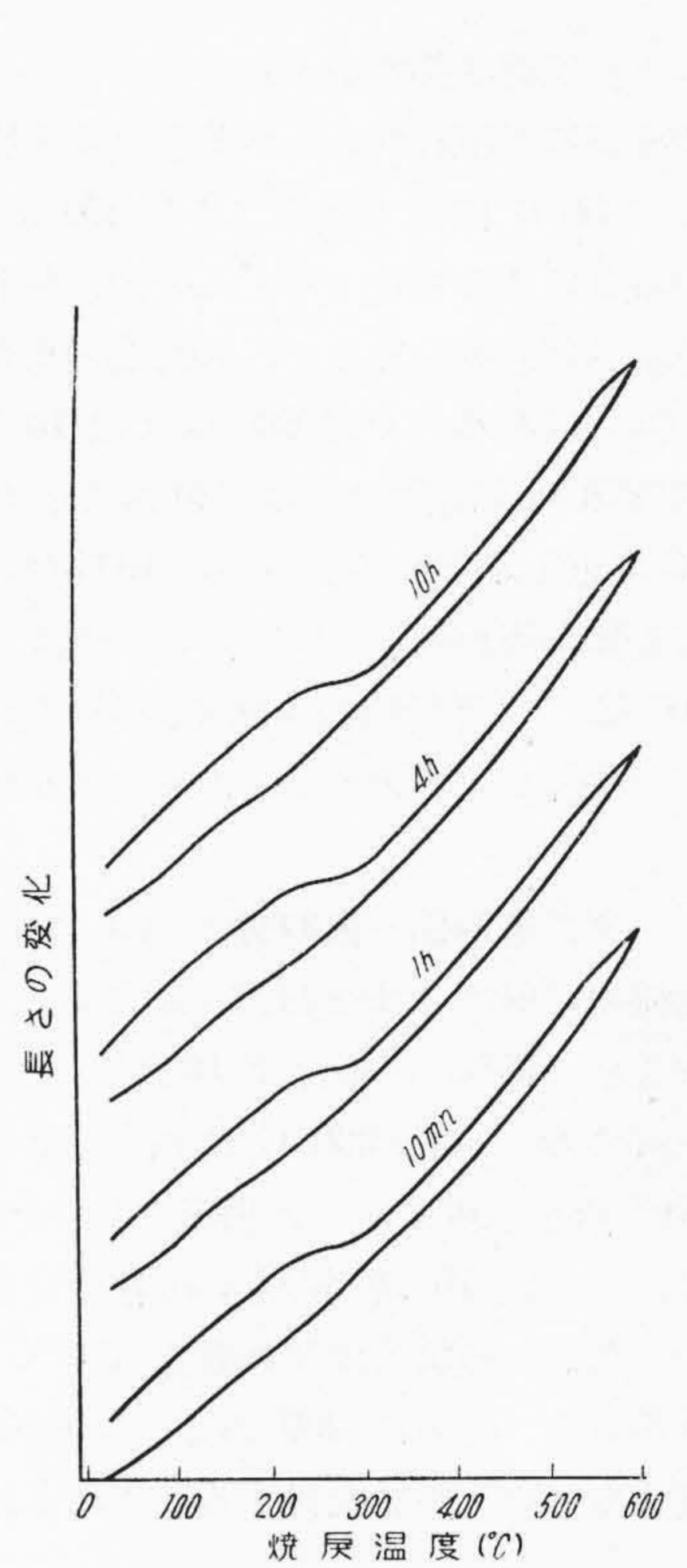
第 17 図 X1 の熱浴 200°C に保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
 Fig.17. Tempering Dilatation Curves of X1, Held in 200°C Hot Bath



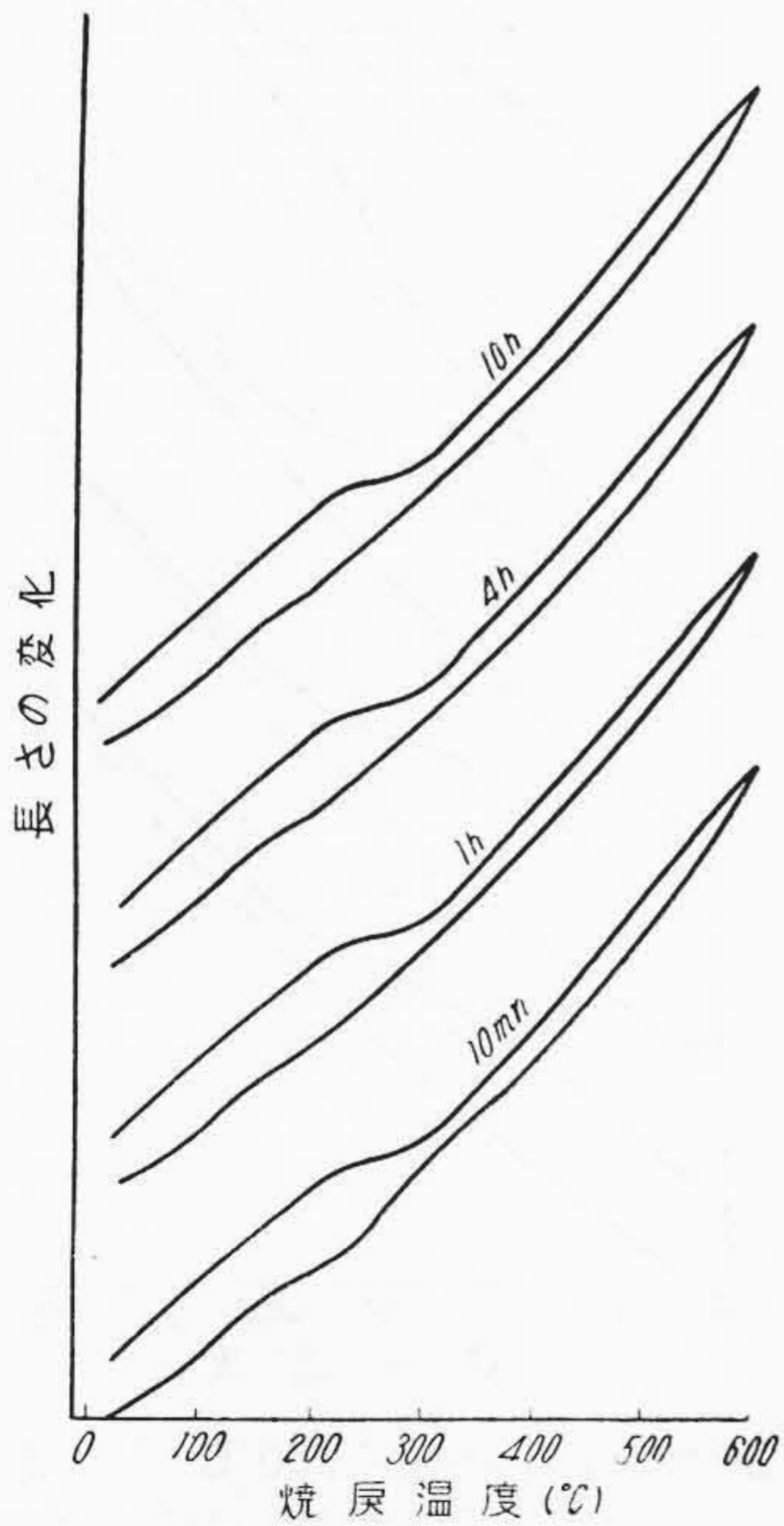
第18図 X1の熱浴 250°C に保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
Fig.18. Tempering Dilatation Curves of X1, Held in 250°C Hot Bath



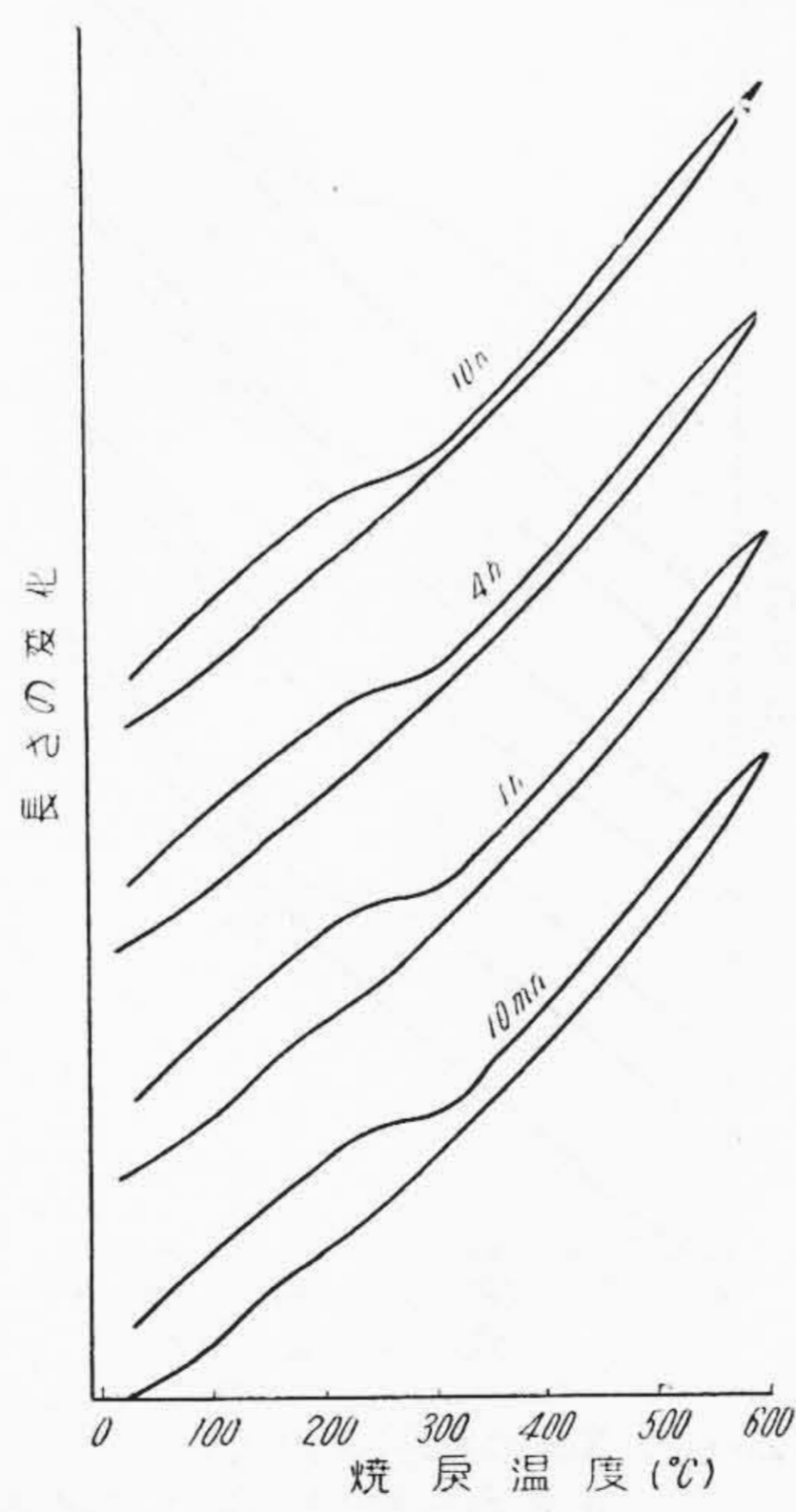
第19図 X1の熱浴 300°C に保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
Fig.19. Tempering Dilatation Curves of X1, Held in 300°C Hot Bath



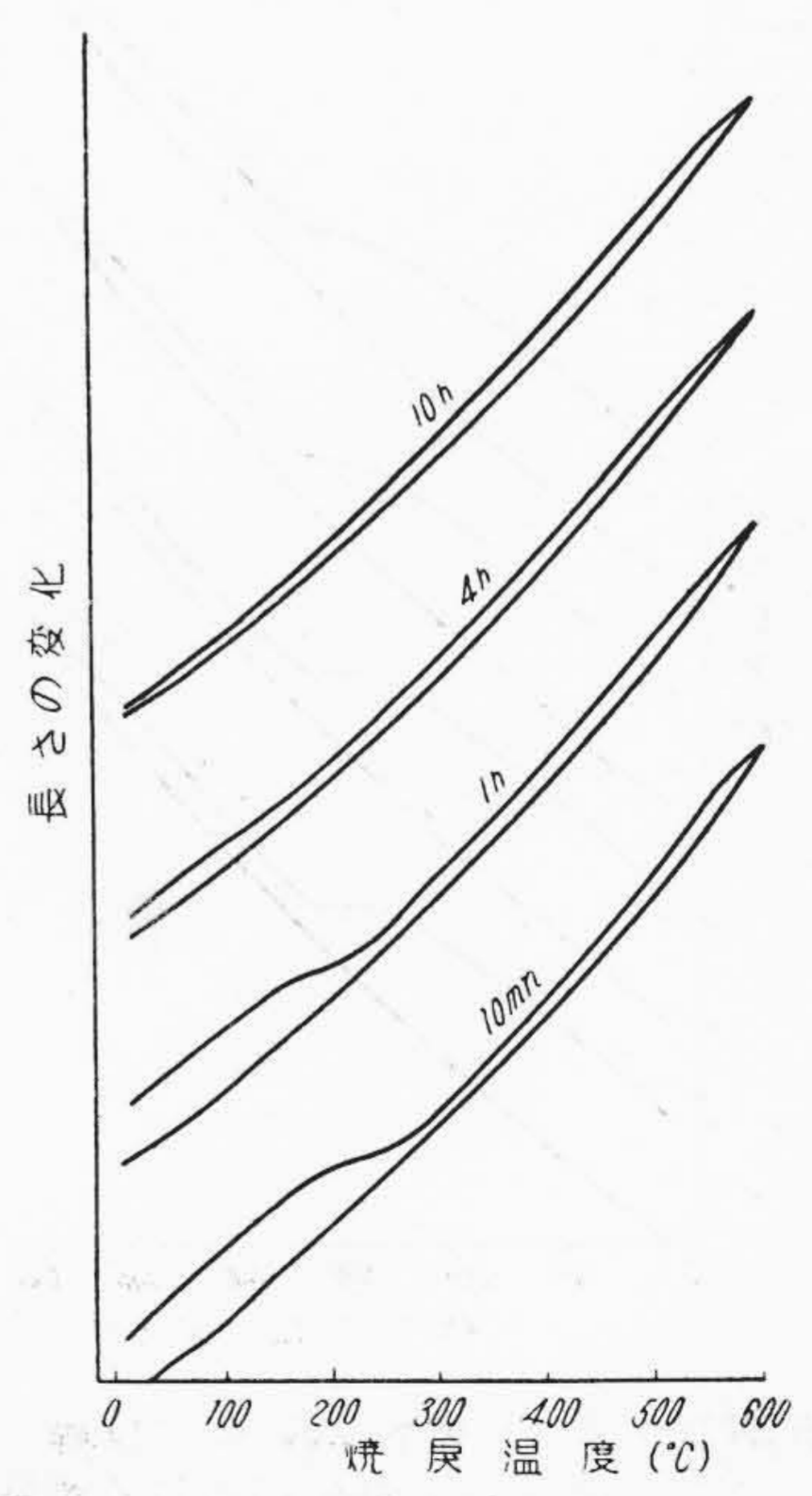
第20図 X1の熱浴 350°C に保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
Fig.20. Tempering Dilatation Curves of X1 Held in 350°C Hot Bath



第21図 X1の熱浴 400°C に保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
Fig.21. Tempering Dilatation Curves of X1 Held in 400°C Hot Bath



第22図 X1の熱浴 500°C に保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
Fig.22. Tempering Dilatation Curves of X1 Held in 500°C Hot Bath



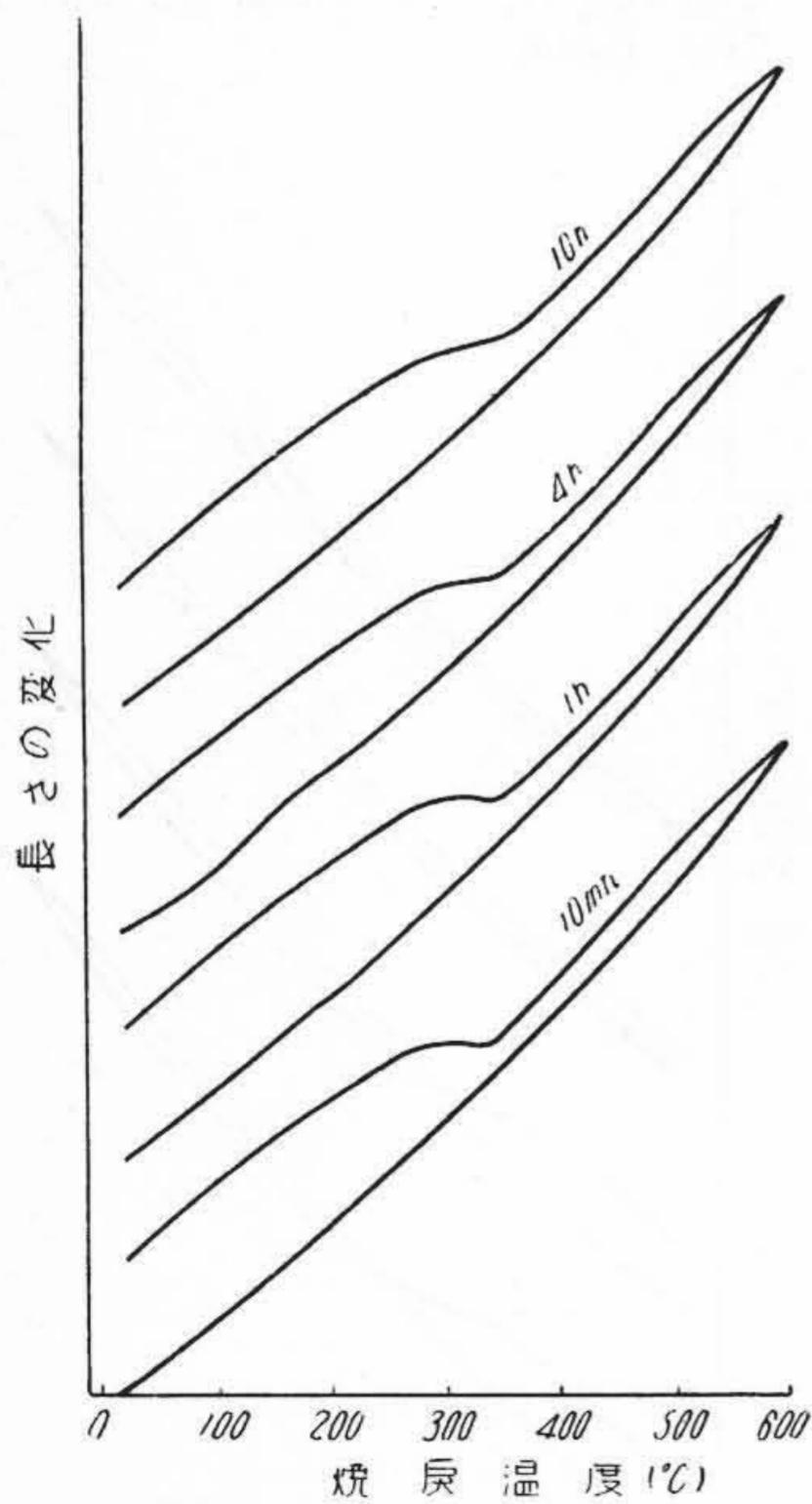
第23図 X1の熱浴 600°C に保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
Fig.23. Tempering Dilatation Curves of X1 Held in 600°C Hot Bath

において再び膨脹がみられる。これらの現象は 300°C の場合にも現われ、かつ 2 回目の膨脹は前者に比しやや高く 50°C 附近で起る。また 350 および 400°C では保持時間による変化はほとんど認められない。500°C の場合もほぼ同様であるが、10 時間のもの膨脹程度やや小さい傾向にある。一方 600°C では 10 分のもの Ar'' 点は約 270°C 1 時間のもの 220 および 4 時間では 170~180°C 附近とみられる。さらに 10 時間のものはほとんど膨脹曲線が現われず Ar'' 点は不明瞭である。すなわち 600°C では保持時間を増す程 Ar'' 点を低温側に移行しかつ残留オーステナイトのマルテン化による膨脹は小さい。

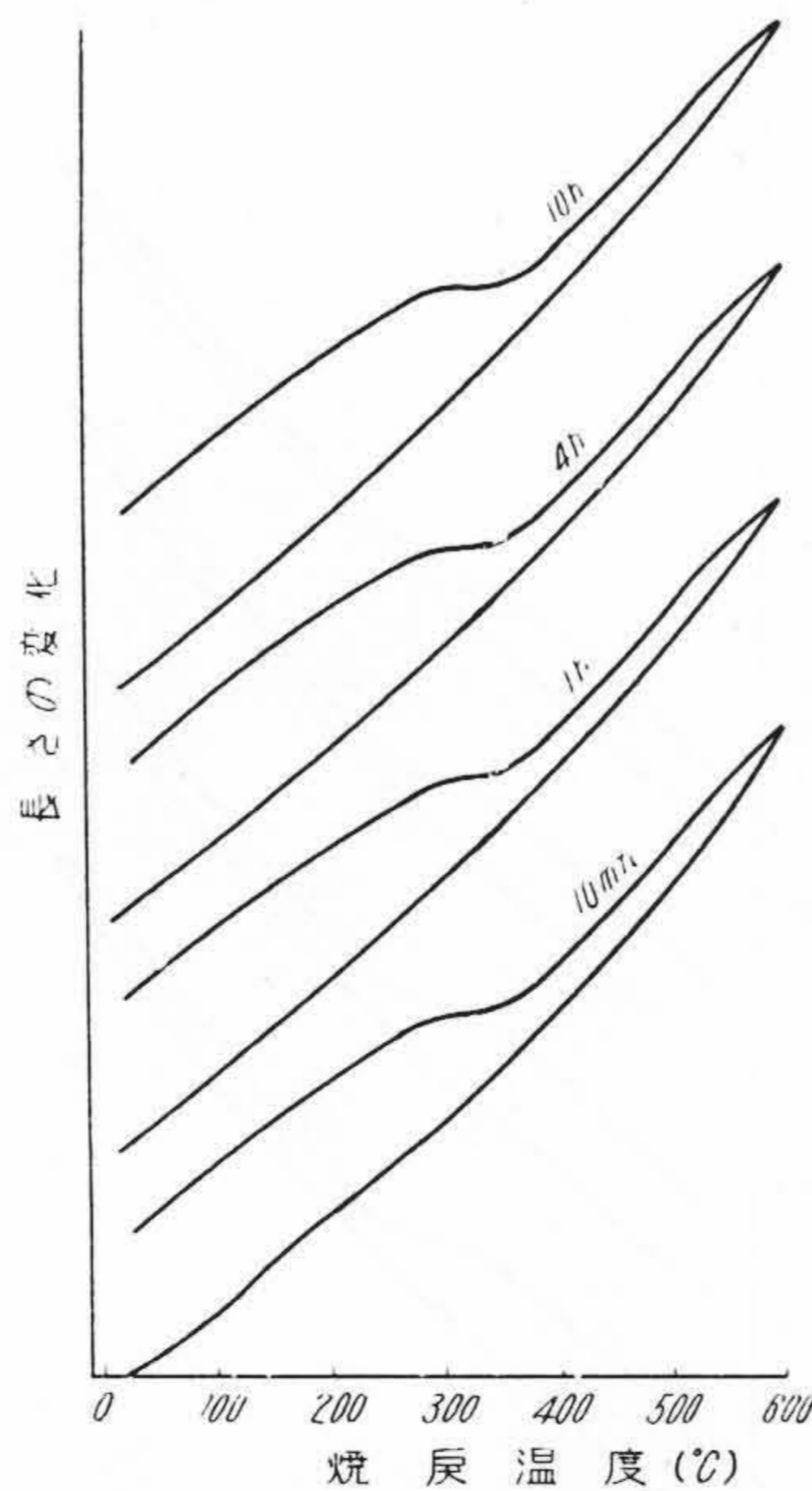
つぎに第 24 図~第 32 図は X3 についての結果を示す。曲線の傾向は X1 とほぼ同様である。すなわち熱浴 100 および 150°C の場合は 10 時間のもの、Ar'' 点をやや上昇する。また 200°C においては保持時間を増す程 Ar'' 点を上昇すること明瞭でかつその膨脹程度も大きく、ことに 10 時間のものは他のいずれのものより著しい。なおこの場合は加熱曲線 300°C 附近にやや膨脹がみられる。さらに 250 および 300°C の場合は 1 時間程度より Ar'' 点を上昇する。またこれらを比較するに 1

時間のものが高く、それ以上では時間を増す程僅かに低目に現われるごとく思われるもあまりあきらかでない。また膨脹程度も概ね同様であるが、4 時間のもの僅かに大である。しかして X1 のごとく常温における膨脹は現われず、たゞ 300°C のものにややこの傾向がみられるのみである。350°C の場合もほぼ同様の傾向を示すがその程度は小さい。また 400°C では変りなく、500°C の場合は 4 時間以上ことに 10 時間のもの Ar'' 点をやや低下の傾向にありかつ膨脹も少ない。600°C では X1 と同様保持時間を増す程 Ar'' 点を低下することがあきらかに認められる。

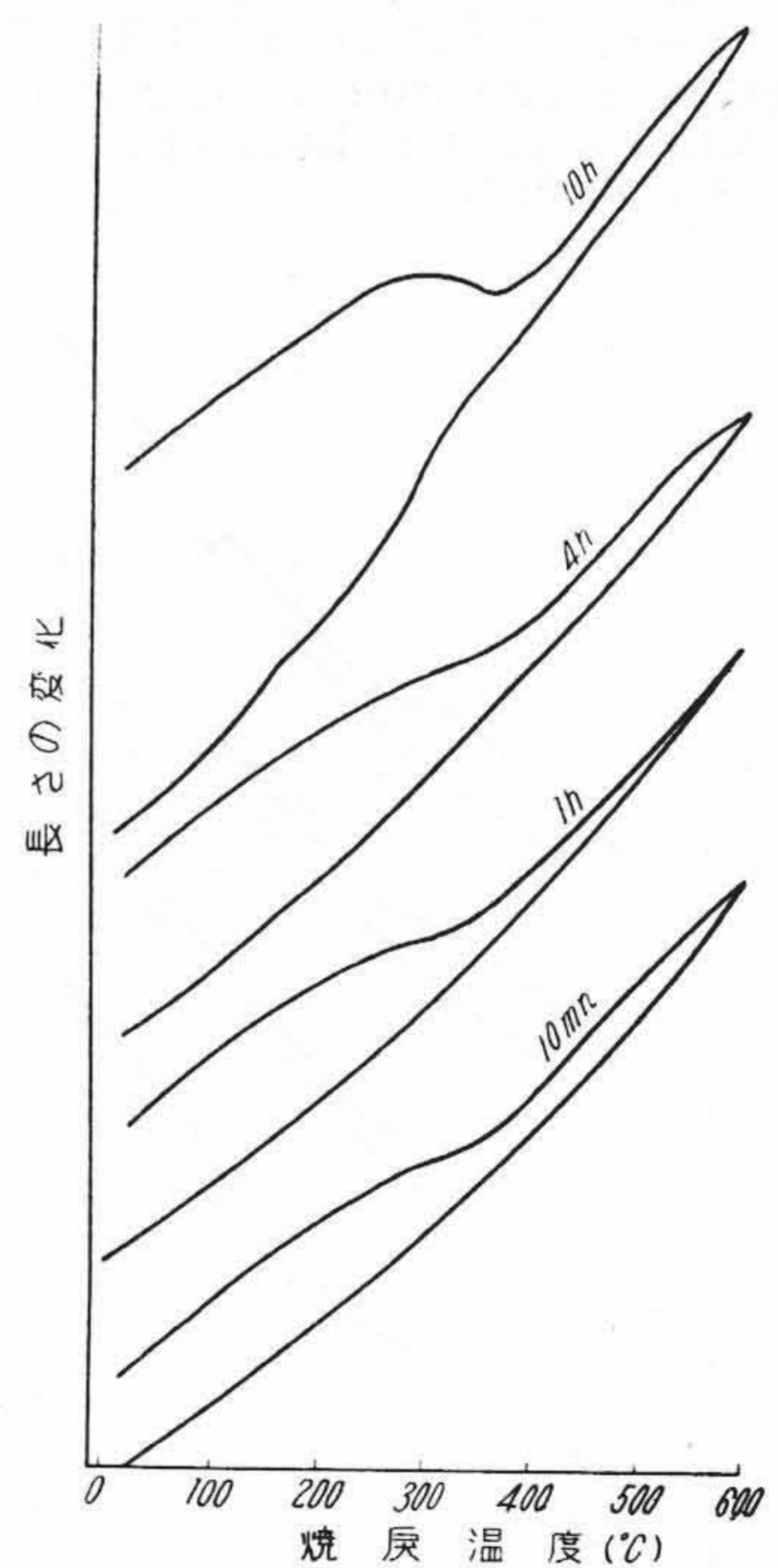
これらの結果について考察するに熱浴 150°C 以下では X1 および X3 とも、保持時間による大差はない。250 および 300°C すなわちベイナイト生成温度範囲に保持した場合は、時間を増す程その量を増加することは前述の通りであるが、これにより残留オーステナイトをより安定化し、かつその残存量が多いため焼戻における r→α 変化には膨脹も大きくまた Ar'' 点を上昇するものと思われる。また 200°C でも時間の長いものにこの傾向を現わし、特に X3 は著しく、350°C でもその傾向がみられる。すなわち X3 は X1 に比しベイナイトの生



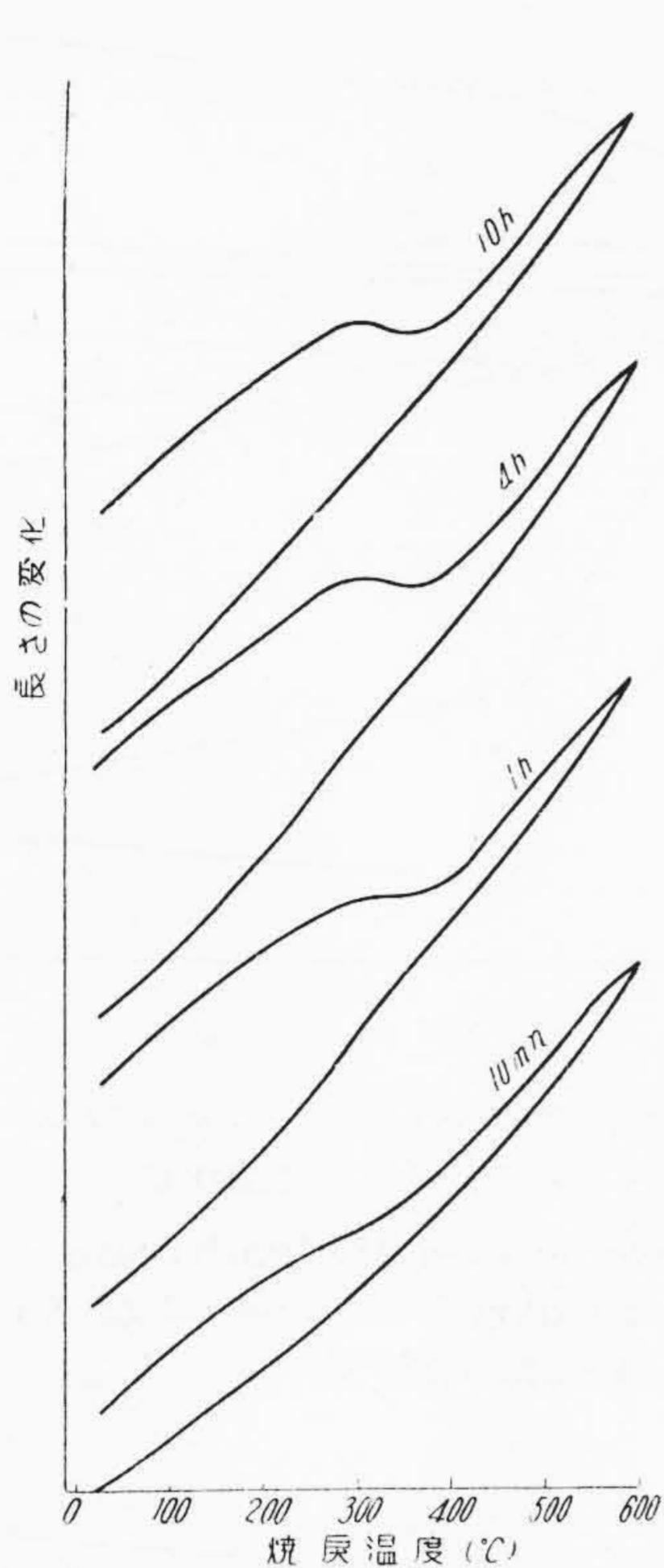
第 24 図 X3 の熱浴 100°C に保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
Fig. 24. Tempering Dilatation Curves of X3 Held in 100°C Hot Bath



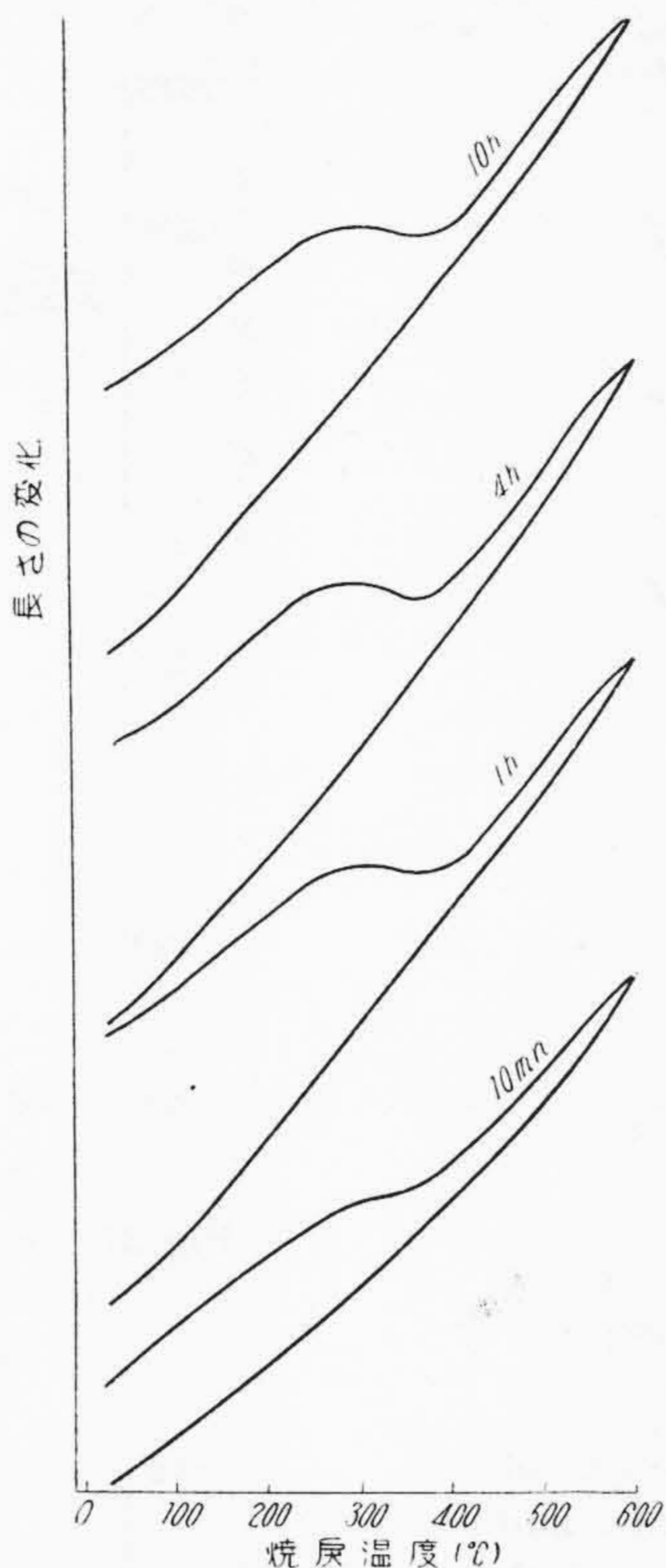
第 25 図 X3 の熱浴 150°C に保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
Fig. 25. Tempering Dilatation Curves of X3 Held in 150°C Hot Bath



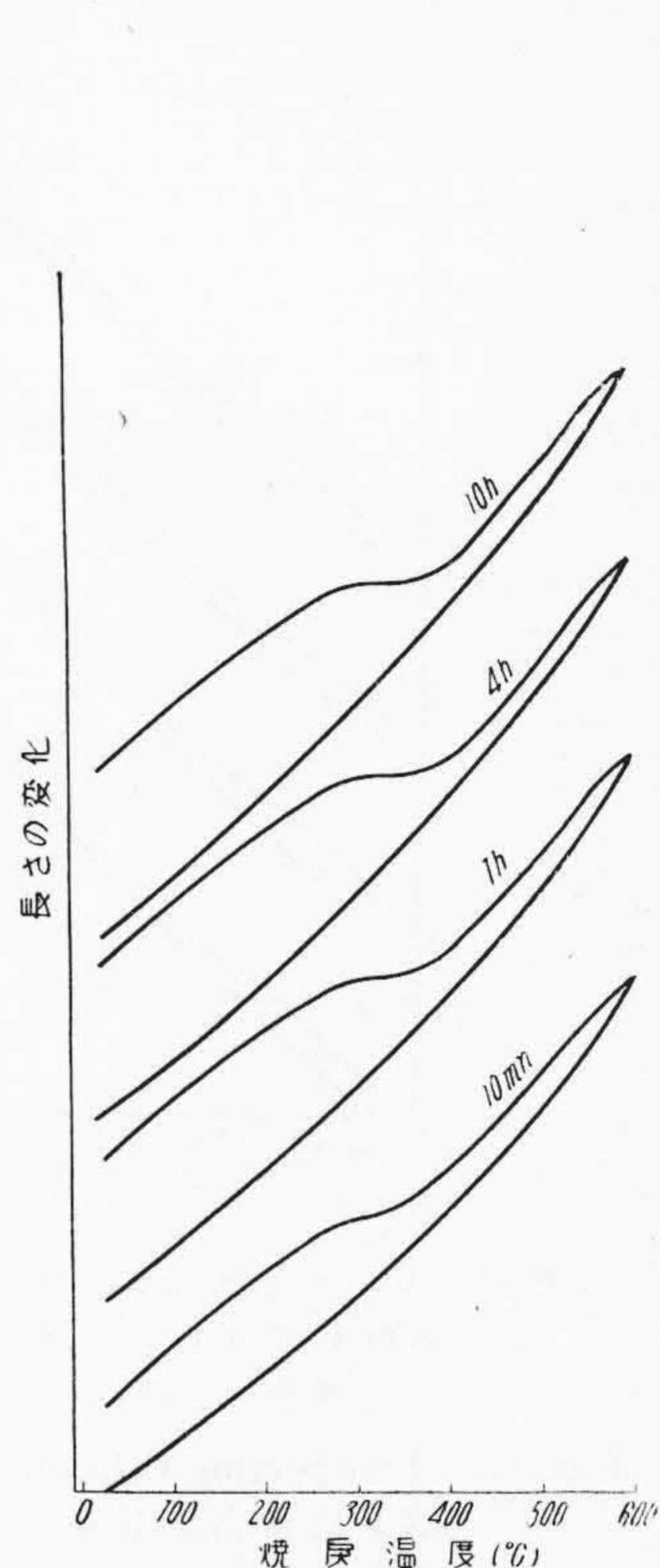
第 26 図 X3 の熱浴 200°C に保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
Fig. 26. Tempering Dilatation Curves of X3 Held in 200°C Hot Bath



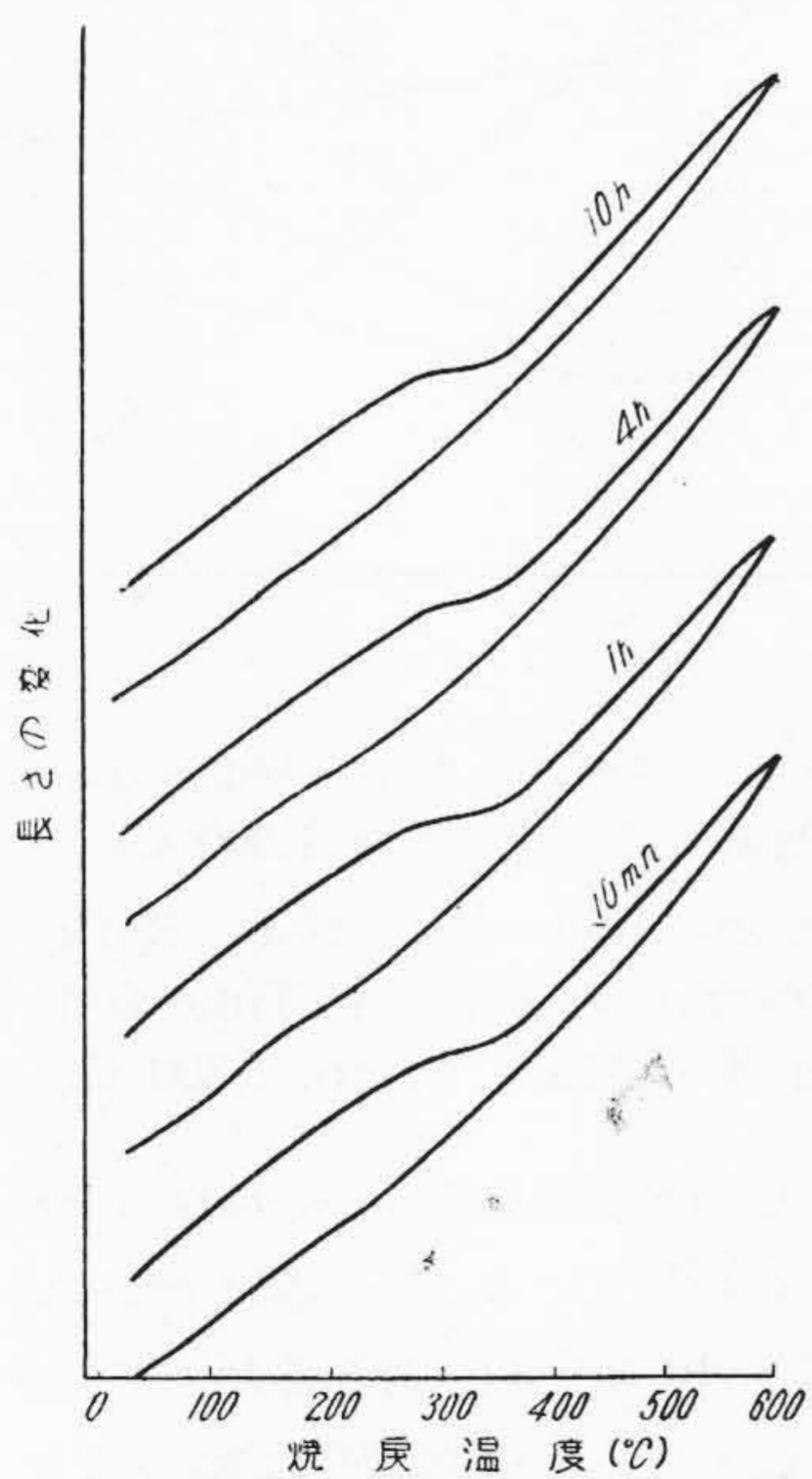
第27図 X3の熱浴250°Cに保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
Fig.27. Tempering Dilatation Curves of X3 Held in 250°C Hot Bath



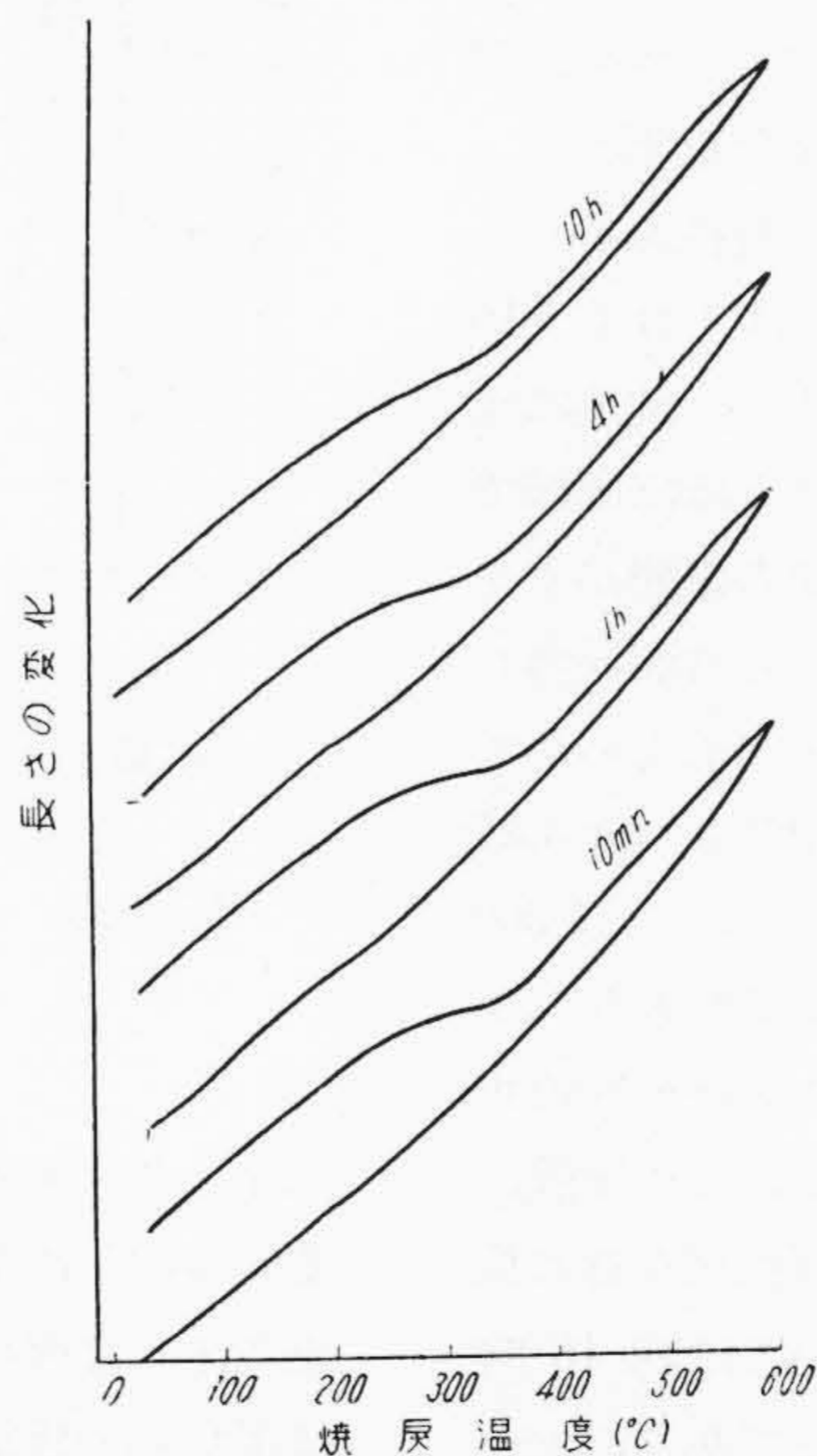
第28図 X3の熱浴300°Cに保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
Fig.28. Tempering Dilatation Curves of X3 Held in 300°C Hot Bath



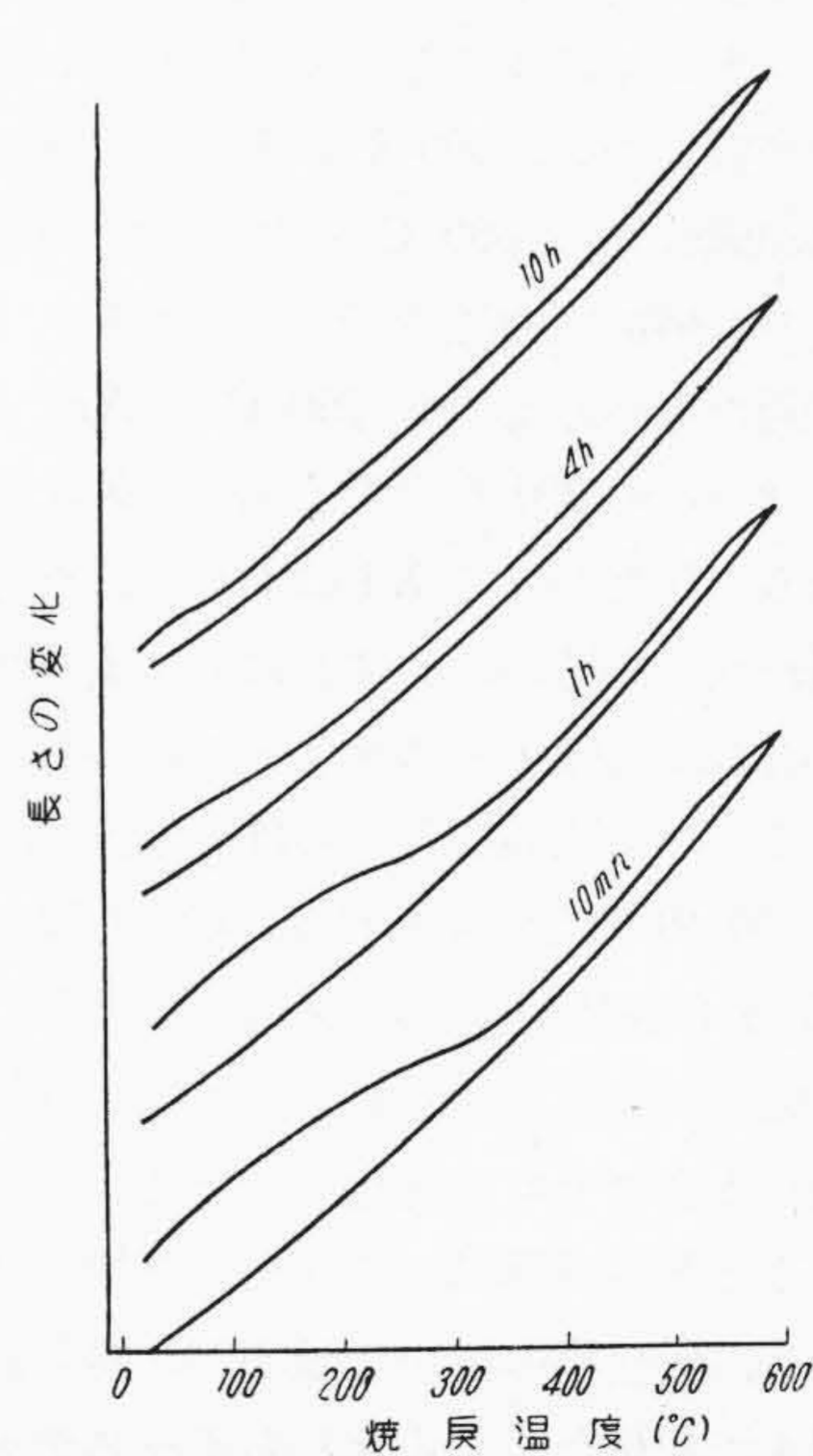
第29図 X3の熱浴350°Cに保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
Fig.29. Tempering Dilatation Curves of X3 Held in 350°C Hot Bath



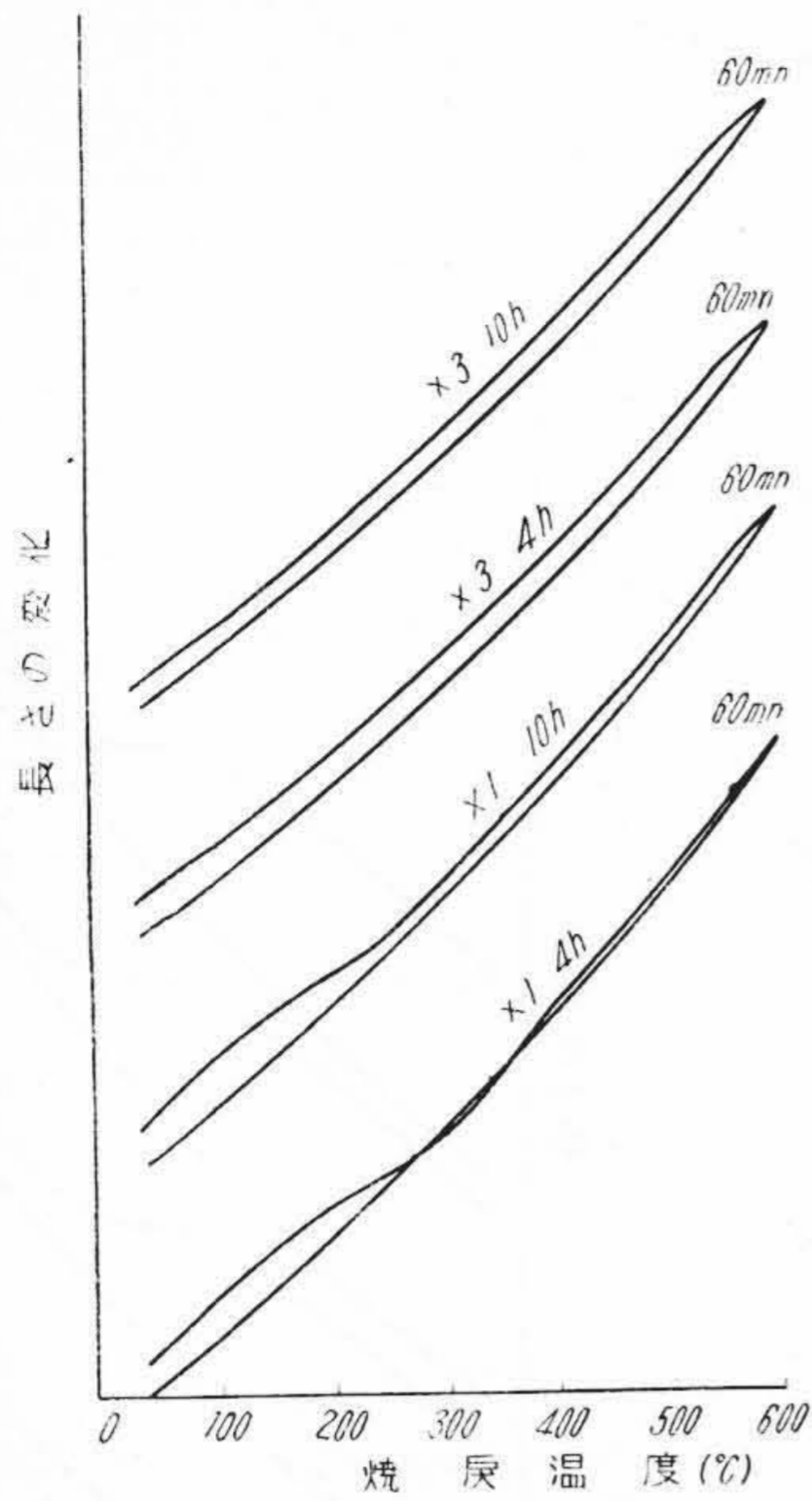
第30図 X3の熱浴400°Cに保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
Fig.30. Tempering Dilatation Curves of X3 Held in 400°C Hot Bath



第31図 X3の熱浴500°Cに保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
Fig.31. Tempering Dilatation Curves of X3 Held in 500°C Hot Bath



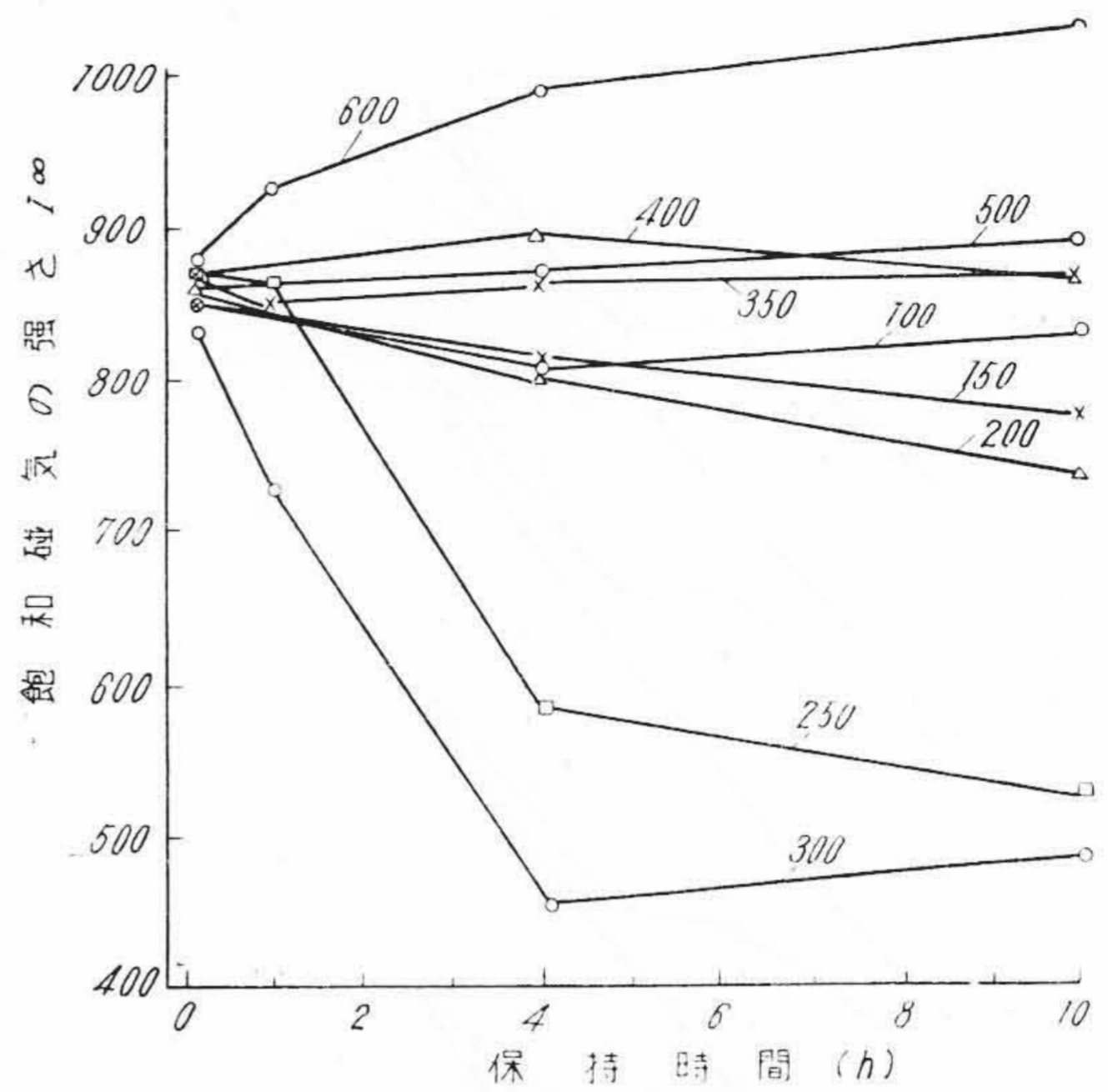
第32図 X3の熱浴600°Cに保持したものの焼戻における熱膨脹曲線
Fig.32. Tempering Dilatation Curves of X3 Held in 600°C Hot Bath



第 33 図 X1 および X3 の焼入温度より熱浴 600°C に 4 および 10 時間保持したものの焼戻における熱膨脹曲線

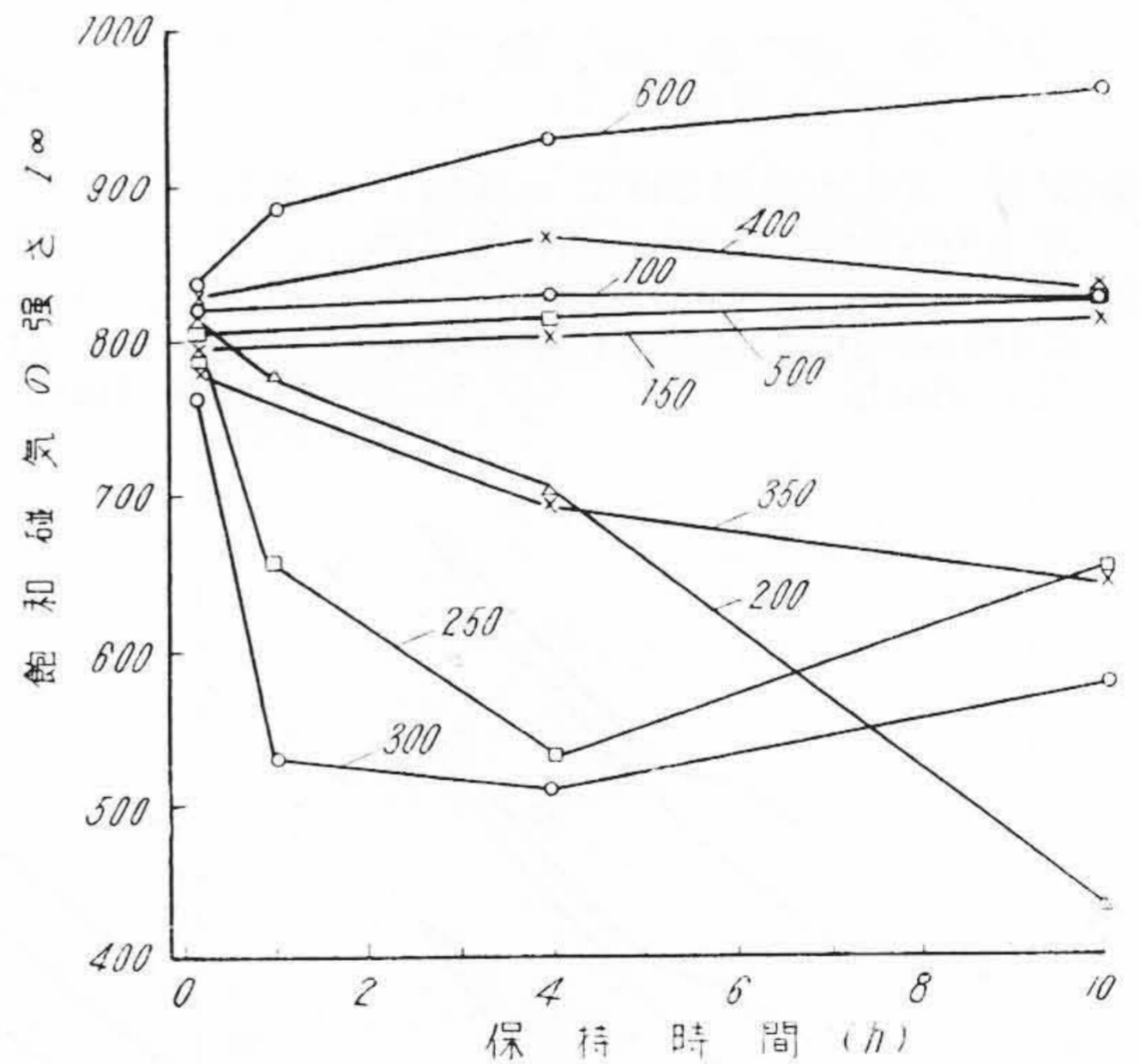
Fig. 33. Tempering Dilatation Curves of X1 and X3 Held for 4 hrs and 10 hrs Respectively in Hot Bath at 600°C after Quenched

成温度範囲が広くかつ変態速度が大である。また 600°C では前述のごとく保持時間を増す程 Ar'' 点を低下しかつマルテン化による膨脹も小さいが、これに関しさらに別の試料を用い、600°C に 1 時間焼戻した場合を調べた。第 33 図は熱浴 600°C に 4 および 10 時間保持後油冷したものの熱膨脹曲線を示す。すなわち X1 では 4 および 10 時間のものともに約 250°C に Ar'' 点を生じ、前述に比し $r \rightarrow \alpha$ の変化が明瞭である。X3 は前述とほぼ同様である。したがって X1 においては保持時間の影響がやや現われているが、いずれにしても 600°C に長時間保持したものは残留オーステナイトの少ないことがあきらかである。一方門間氏⁽²⁾⁽³⁾らは高速度鋼 (C0.62%, Cr 4.26%, W 19.34%, V 1.71%, Co 11.12%) について、1,300°C から各種恒温浴に保持した場合の電気抵抗変化および磁気的变化を測定し、これにより恒温中の炭化物の析出および $r \rightarrow \alpha$ の変化を研究されているが、この実験によると熱浴 600°C に保持した場合は電気抵抗を逐次低下し、炭化物の析出を示すが、磁気的变化では約 16 時間まで変化なく、すなわちオーステナイトであり、 $r \rightarrow \alpha$ の変化は起らないがそれ以上において曲線を次第に上昇し、 $r \rightarrow \alpha$ の変化が徐々に進行しつつあることを示している。すなわち炭化物の析出が相当程度進んで後、はじめ



第 34 図 X1 の熱浴温度および保持時間と I_{∞} との関係 (最高加熱温度 1,280°C)

Fig. 34. Relations between Hot Bath Temperature, Holding Time and I_{∞} of X1 (Max. Temp. 1,280°C)



第 35 図 X3 の熱浴温度および保持時間と I_{∞} との関係 (最高加熱温度 1,300°C)

Fig. 35. Relations between Hot Bath Temperature, Holding Time and I_{∞} of X3 (Max. Temp. 1,300°C)

てオーステナイトはその安定度を減じついに $r \rightarrow \alpha$ の変態を起すに至るといわれている。一方本研究結果より思考すれば保持時間が 10 時間以内であるため恒温中では炭化物の析出のみにして、 $r \rightarrow \alpha$ の変化は起っていない。しかしいずれにしても炭化物の析出が恒温中にあるとすれば油焼入のものに比して当然 $r \rightarrow \alpha$ の変化が大きく、したがって常温では残留オーステナイトは少ないも

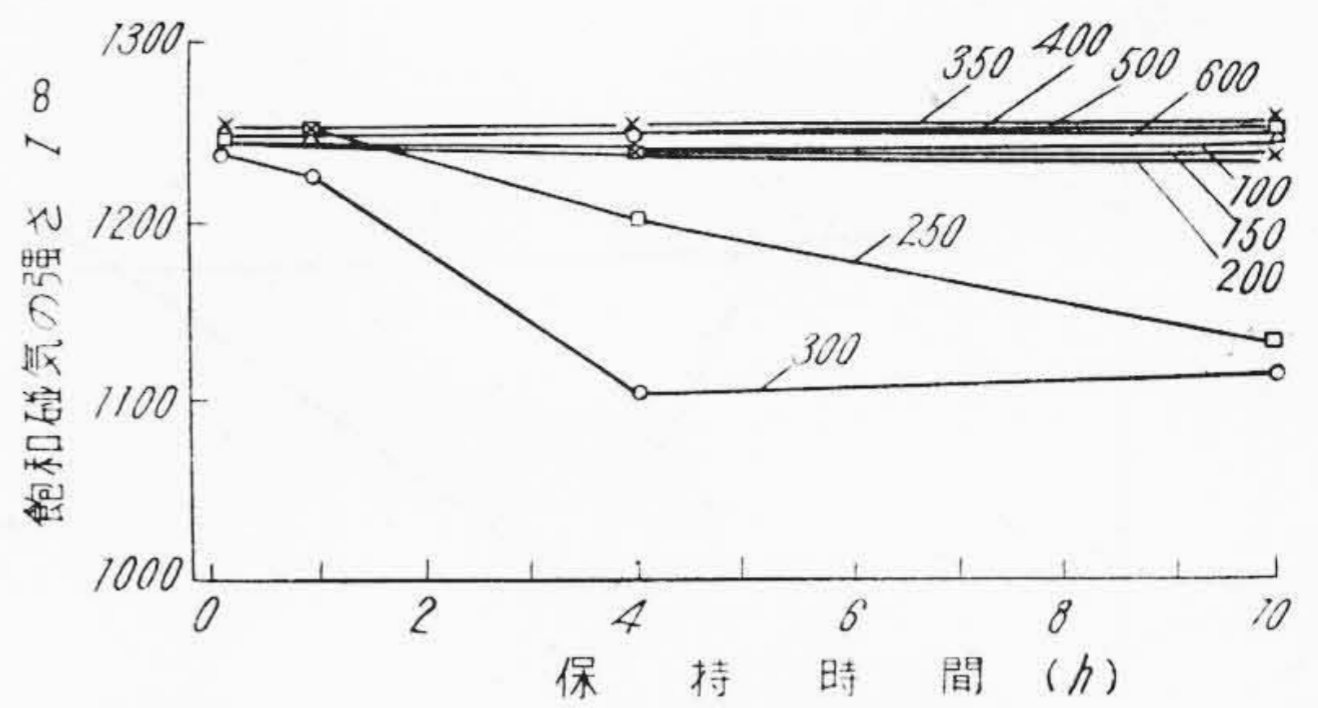
のと思われる。つぎに 250 および 300°C に現われた低温の膨脹は、焼戻保持時間が短いためではないかと思われるもあまりあきらかではない。

(3) 熱浴温度および保持時間と I_{∞} との関係

前述と同様焼入温度より熱浴 100~600°C に急冷し、各時間保持後油冷したものにつき弾動電流計法により飽和磁気の強さ I_{∞} を測定し、これより残留オーステナイトの変化を調べた。第34図および第35図はその結果を示す。なお完全焼鈍における値は X1, 1,230 および X3, 1,247 ガウスである。すなわち X1 の場合 100°C では 4 時間のものはやゝ I_{∞} を減少しているが大差はない。200°C では逐次低下し、さらに 250 および 300°C では急激に I_{∞} を減少する。すなわち残留オーステナイトを増加することが知られる。また 350, 400 および 500°C の場合は前述と同様大差ないが、400°C では 4 時間のものやや高く、500°C では時間を増す程 I_{∞} を上昇する傾向を示す。しかして 600°C のものは保持時間を増す程 I_{∞} を著しく上昇することあきらかである。すなわち残留オーステナイトを逆に減少する。また X3 においてもその傾向は前述とほぼ同様であるが、10 時間では 200°C のものが I_{∞} を最も低下する。また 250 および 300°C の場合は 4 時間で最低を示し、10 時間ではむしろ上昇の傾向にある。なおこれらの結果は前述の熱膨脹曲線とよく一致する。また第36図および第37図はこれを 600°C に 1 時間焼戻した場合の測定結果を示す。すなわち X1 の場合焼戻により $r \rightarrow \alpha$ 変化を起し、全般的に I_{∞} を著しく上昇するが 250 および 300°C の場合 4 および 10 時間のものは他に比し未だ低い。この温度に長時間保持したものは前述のごとく残留オーステナイトは多くかつ安定なるため、焼戻を行つてもなお残存する量が多いものと思われる。またこれを 2 回焼戻した場合も測定したが I_{∞} はさらに上昇する。なお X3 においてもその傾向は前者とほぼ同様である。

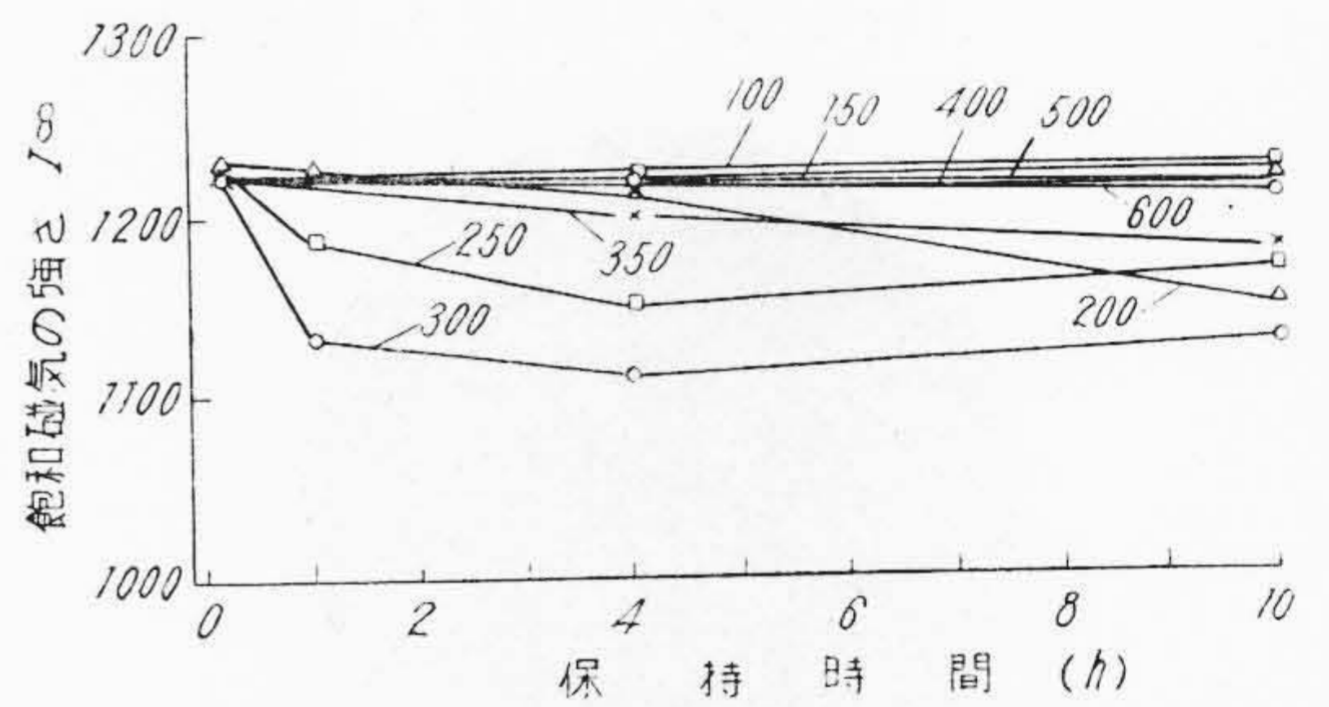
(4) 恒温中における保持時間と膨脹曲線との関係

つぎに簡易熱膨脹計⁽⁴⁾を用い、X1 について 1,280°C の焼入温度から各恒温浴に投入し、そこに 7 時間保持中の変化およびこれを空冷した場合の変化を測定した。第38図はその結果を示す。ただし焼入後熱膨脹計にとりつける時間は 5 秒以内である。すなわち熱浴 100°C では 10 分以内で急激な膨脹が現われ $r \rightarrow \alpha$ の変化があきらかである。しかして 30 分附近までは比較的進行するが、それ以上 7 時間までは大差ない。また XY 軸より右の曲線はこれが空冷の場合を示すが、約 5 分附近より Arⁿ 変態により逐次膨脹を示す。なお 15 時間後において調べたが幾分上昇している。150°C では 30 分附近まで膨脹が認められるが、その程度は前者に比しきわめて少な



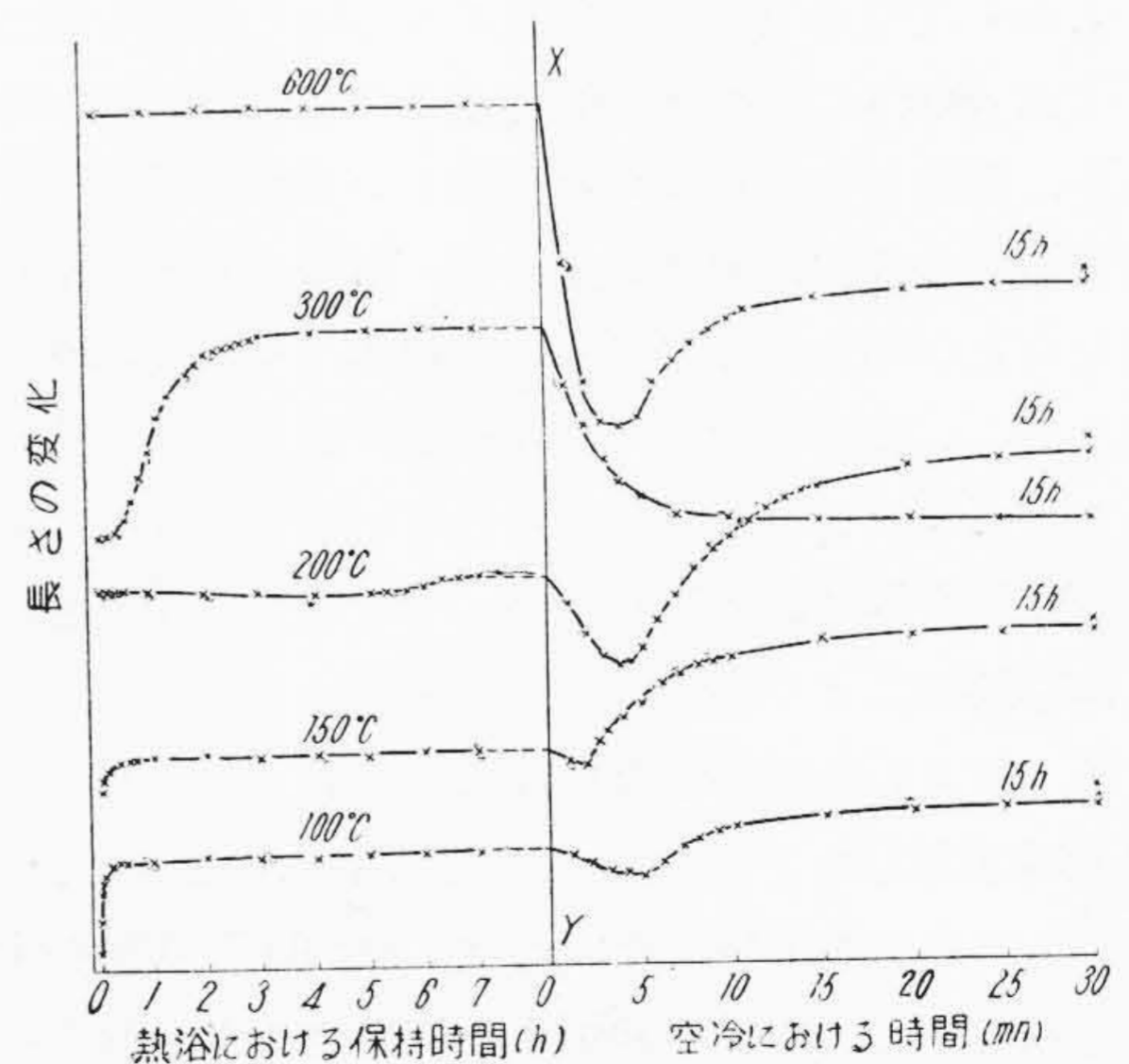
第36図 X1 の 600°C 焼戻における熱浴温度および保持時間と I_{∞} との関係

Fig. 36. Relations between Hot Bath Temperature, Holding Time and I_{∞} , of X1 when Tempered at 600°C



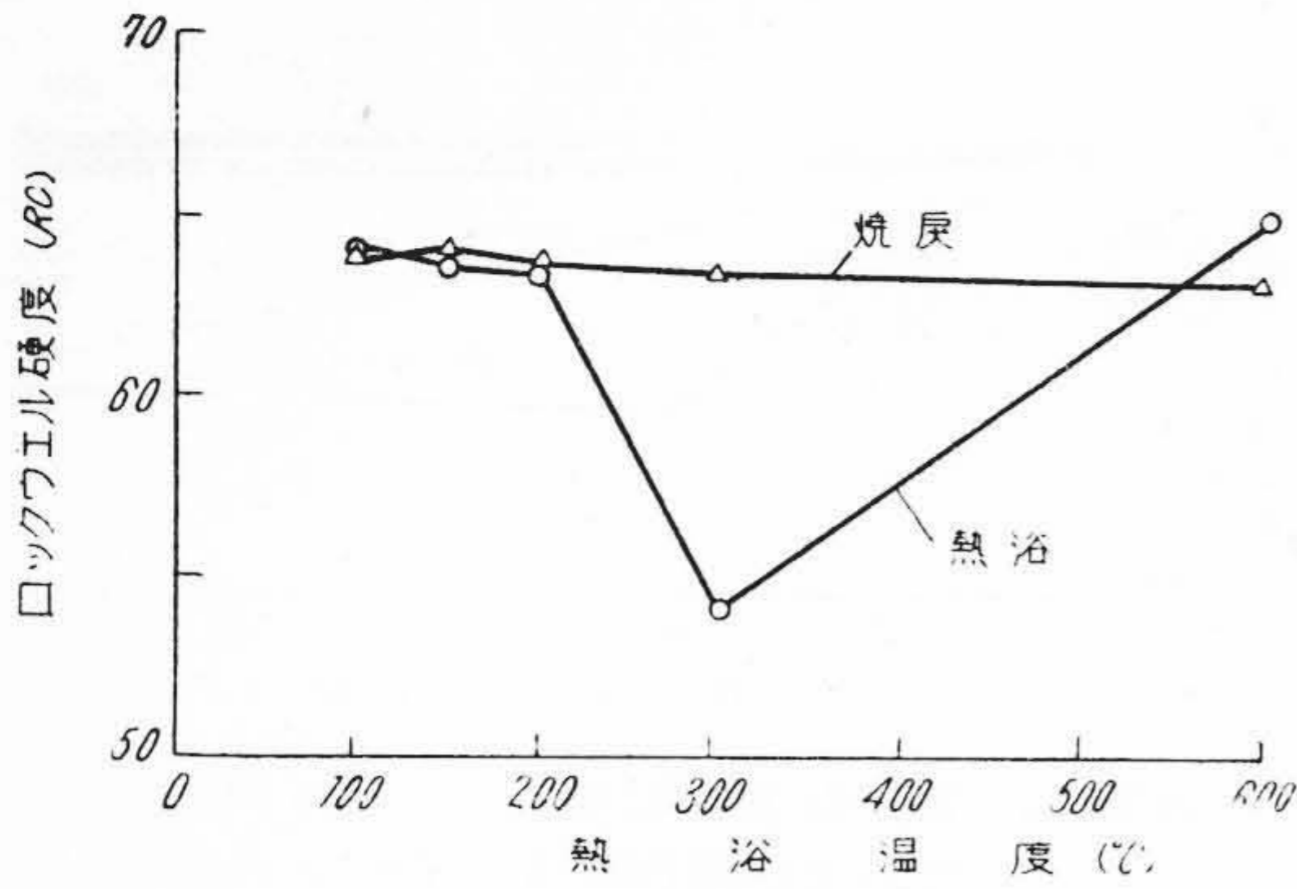
第37図 X3 の 600°C 焼戻における熱浴温度および保持時間と I_{∞} との関係

Fig. 37. Relations between Hot Bath Temperature, Holding Time and I_{∞} , of X3 when Tempered at 600°C



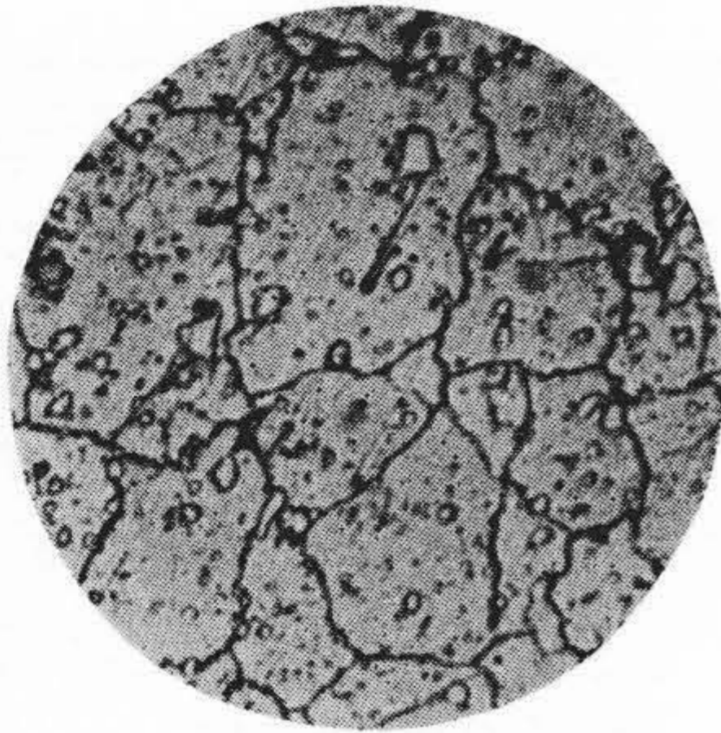
第38図 X1 の恒温中における保持時間と膨脹曲線との関係

Fig. 38. Relation between Holding Time in Hot Bath and Dilatation Curves of X1



第 39 図 熱浴に 7 時間保持および焼戻における硬度 (焼戻 600°C×1h)

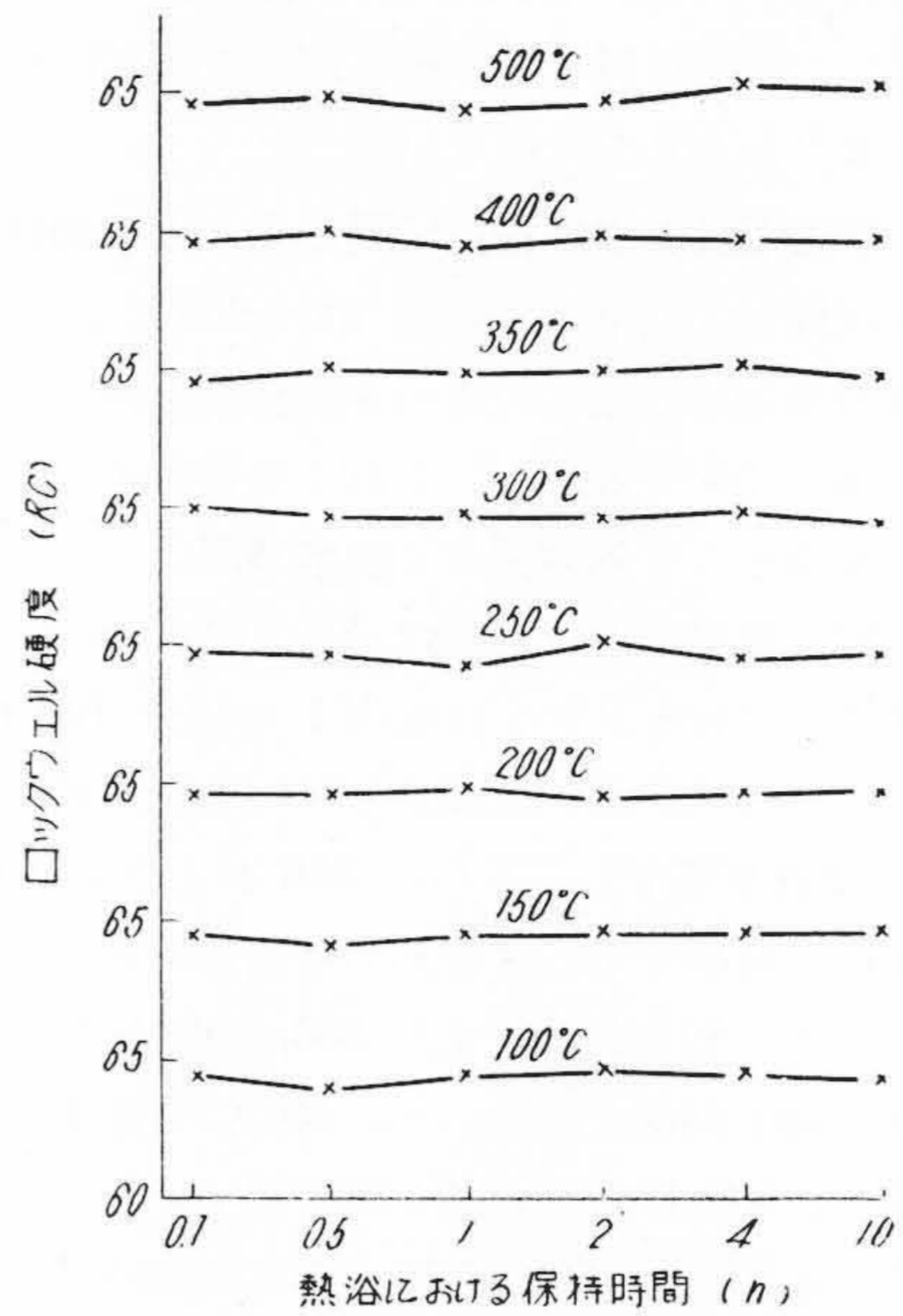
Fig. 39. Relations between Austempered Hardness in Hot Bath for 7 hrs and Tempered Hardness for 1hr at 600°C after Austempered



第 40 図 X1, 1,280°C/600°C×7h 保持後空冷 ×400

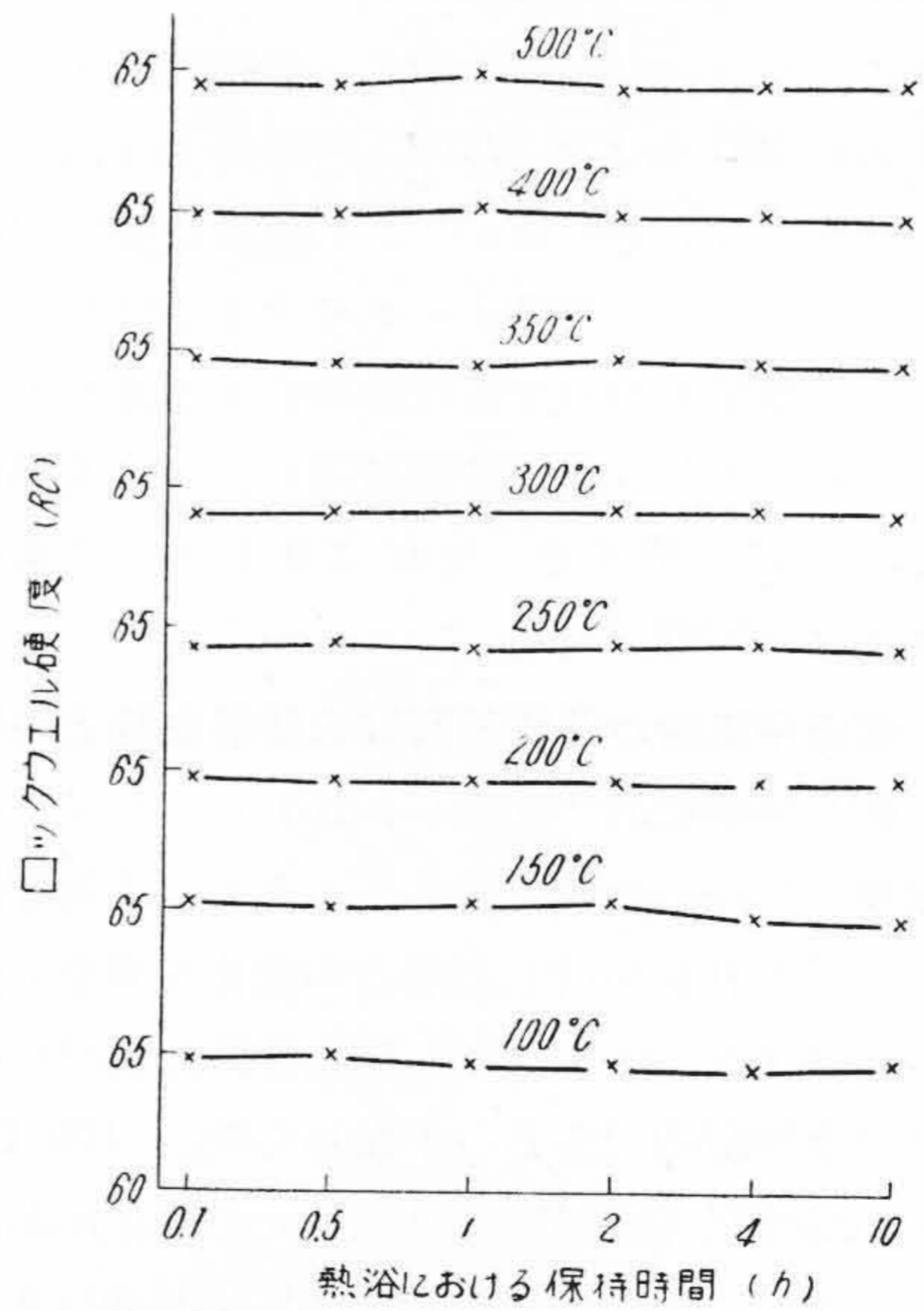
Fig. 40. X1, 1,280°C/600°C×7h Air Cooled ×400

い。しかして空冷では 2 分附近より Ar'' 変態を開始する。また 200°C では 6 時間附近より僅かに膨脹がみられるが、空冷した場合はかなり著しい膨脹を示す。すなわち恒温中の変化が大きいもの程、空冷におけるそれは小さいことが知られる。さらに 300°C の場合は 20 分附近より著しい膨脹を示し、約 3 時間で終了する。それ以上においてはほとんど変化を示さない。また空冷においては Ar'' 変態は認められない。すなわちこの温度においては前述のごとくベイナイトの生成により残留オーステナイトはきわめて安定な状態にあり、冷却中に一次 Ar'' 変態すなわち $\gamma \rightarrow \alpha$ 変化を起さないものと思われる。したがってこれを焼戻した場合は一次 Ar'' 変態を生起せるものに比し、多量の残留オーステナイトを有するため、前述の熱膨脹曲線において著しい膨脹を示すものと思われる。つぎに熱浴 600°C では 7 時間保持中にほとんど変化が認められなかつた。前述の門間氏の研究からは当然炭化物の析出により曲線はある程度収縮するものと考えられるが、本結果ではあきらかでない。しかして



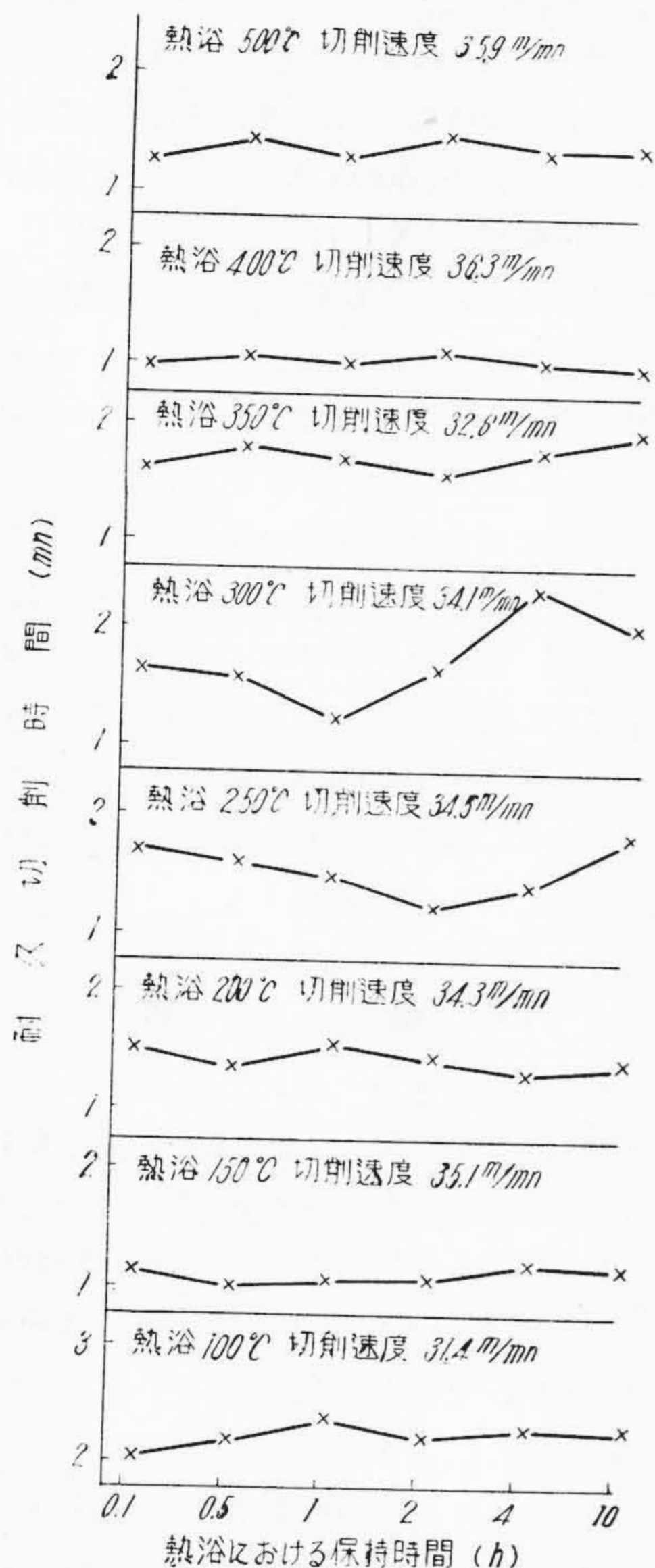
第 41 図 X1 の熱浴および保持時間と 575°C 2 回繰返焼戻硬度との関係 (焼入 1,280°C)

Fig. 41. Relations between Holding Time in Hot Bath and Repeated Tempering Hardness at 575°C (X1, Oil Quenched at 1,280°C)



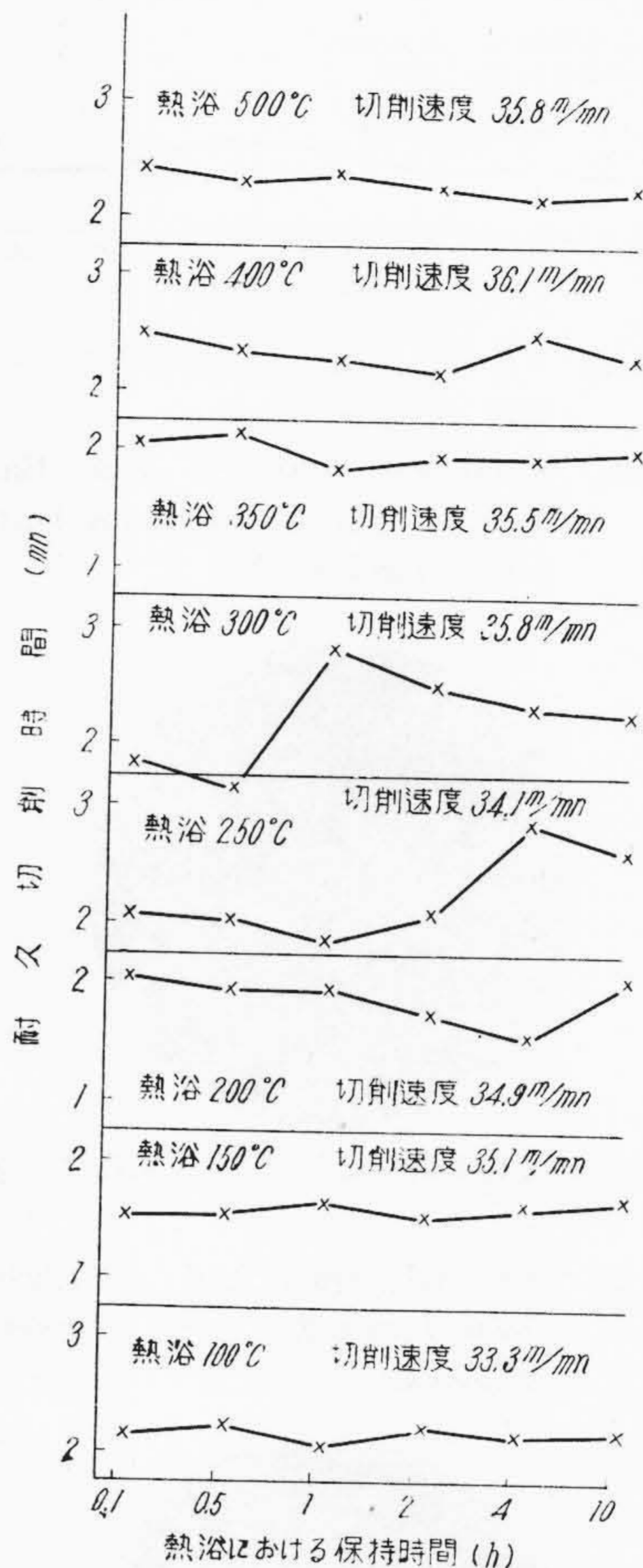
第 42 図 X3 の熱浴および保持時間と 590°C 2 回繰返焼戻硬度との関係 (焼入 1,300°C)

Fig. 42. Relations between Holding Time in Hot Bath and Repeated Tempering Hardness at 590°C (X3, Oil Quenched at 1,300°C)



第 43 図 X1 の熱浴および保持時間と耐久切削時間との関係 (焼入 1,280°C)

Fig. 43. Relations between Hot Bath Temperature and Holding Time to Durability Time of Cutting of X1 (O.Q. 1,280°C)



第 44 図 X3 の熱浴および保持時間と耐久切削時間との関係 (焼入 1,300°C)

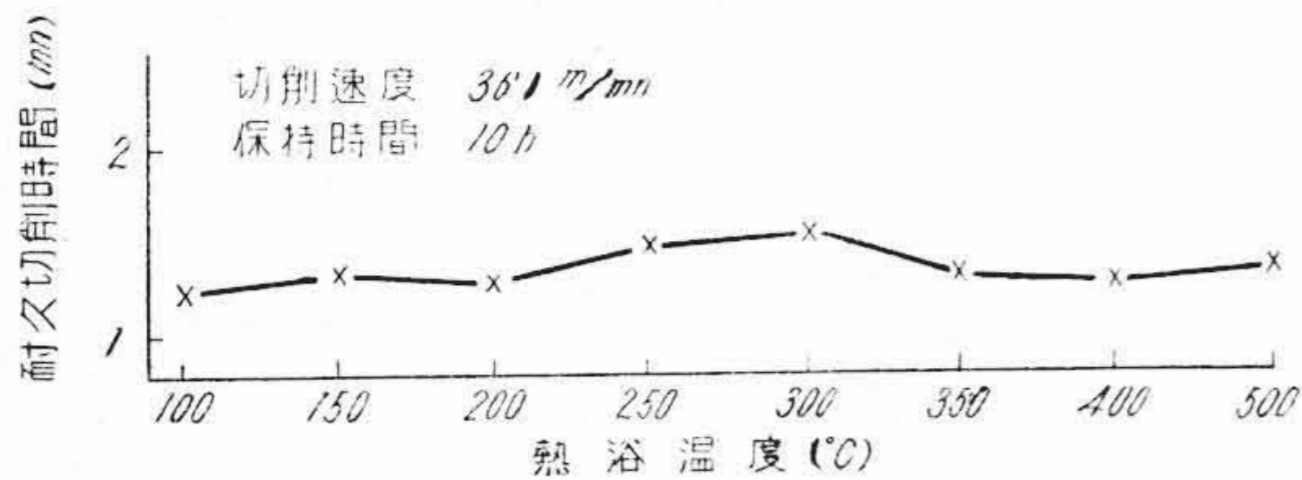
Fig. 44. Relations between Hot Bath Temperature and Holding Time to Durability Time of Cutting of X3 (O.Q. 1,300°C)

空冷では 4 分附近から Arⁿ 変態を開始する。なお第 39 図はこれが硬度および 600°C 焼戻の硬度を示す。また第 40 図は熱浴 600°C に 7 時間保持後空冷したものゝ組織を示す。すなわち 7 時間保持後の硬度は熱浴 600°C のものが最も高く、300°C のものははるかに低い。一方焼戻硬度は 300°C のものは著しく上昇するが、600°C のものははじめの硬度よりむしろ低下の傾向にある。

(5) 熱浴温度および保持時間と耐久切削時間との関係

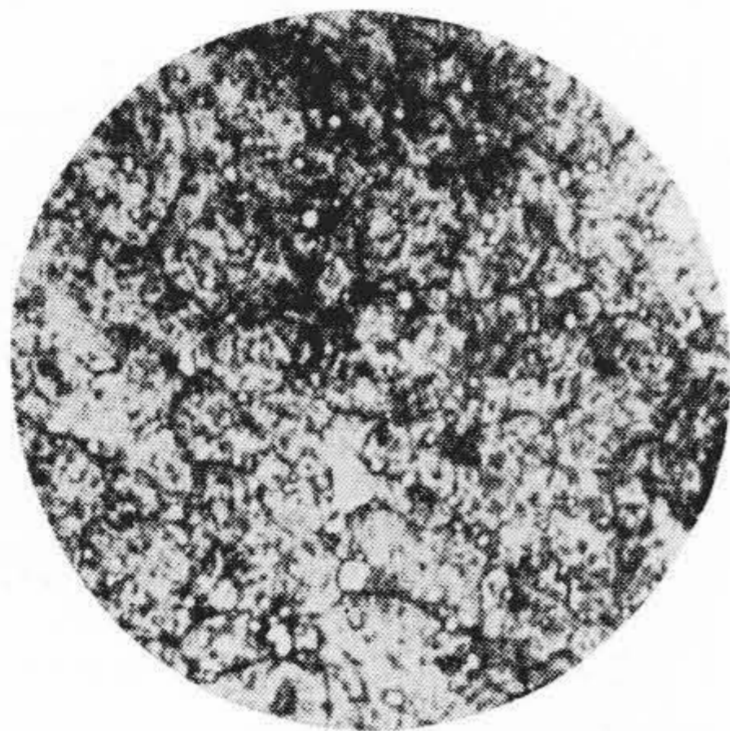
恒温処理した各種バイトを X1 は 575°C および X3 は 590°C に 2 回繰返焼戻を行い、熱浴における保持時間と耐久切削時間との関係を調べた。第 41 図および第 42 図は 2 回繰返焼戻後の硬度を示す。すなわち X1 の場合硬度は保持時間によりほとんど変りなく、大体 Rc 64.5~

65.0 である。また温度の影響もあまりみられない。X3 もほぼ同様の傾向を示しかつ硬度は X1 に比しやや高目の傾向にあるも大差ない。つぎに第 43 図および第 44 図は切削試験結果を示す。すなわち X1 において熱浴 250 および 300°C の場合を除いては各熱浴とも保持時間により、耐久切削時間はおゝむね変りないものと思われる。一方 250°C では 2 時間の場合耐久力をやや減じ、それ以上では逐次増加の傾向を示す。また 300°C では 1 時間附近に凹を現わし、耐久力を減少するが、それ以上の時間では増大する。しかし 10 時間のものはやや低下する。これらの傾向は X3 においてもほぼ同様であるが、凹は X1 に比しやや短時間側に現われている。また第 45 図 (次頁参照) は X3 の熱浴温度と耐久切削時間との関係を示す。ただし保持時間は 10 時間の場合である。す



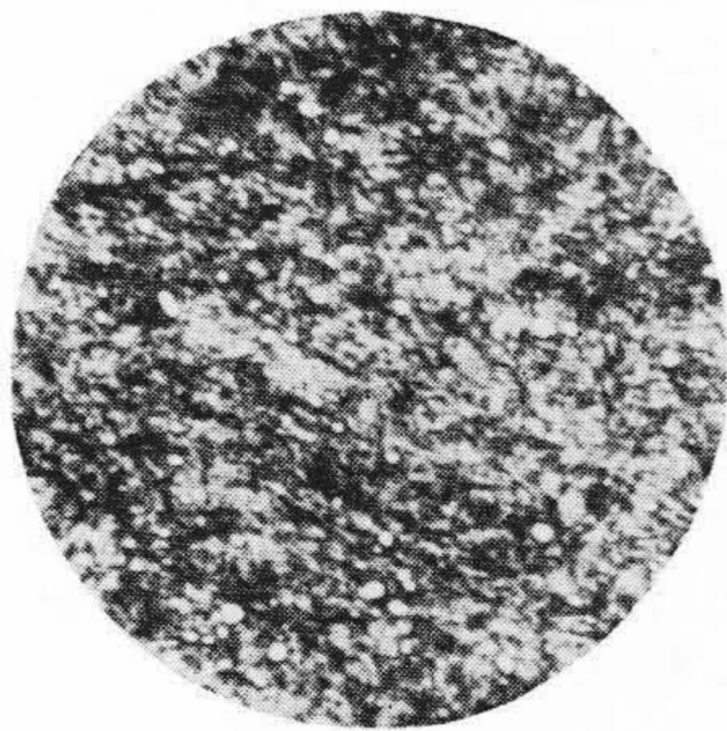
第45図 X3の熱浴温度と耐久切削時間との関係

Fig. 45. Relations between Hot Bath Temperature and Cutting Durability Time of X3



第46図 X1, 1,280°C 油焼入 575°C 2回焼戻
×400

Fig. 46. X1, Oil Quenched at 1,280°C, Two Times Repeated Tempering at 575°C
×400



第47図 X1, 1,280°C/300°C×10h→575°C
2回焼戻 ×400

Fig. 47. Two Time Repeated Tempering at 575°C after Quenched from 1,280°C Austempered for 10 hrs at 300°C
×400

なわち 250 および 300°C のものが耐久力やや大で他はほとんど変りない。一方従来の研究結果ではベイナイト焼入のみでは切削性能が劣悪である⁽⁵⁾といわれまた著者の一人が実験した結果においてもベイナイト生成温度に恒温処理した場合は焼戻しても、切削性能を低下している。本実験においても短時間保持したものはこれと同様の傾向を示すが、長時間のものはむしろ切削性能を向上

せしめるものと思われる。またこれらの試料について、焼戻組織を調べたが、ほとんど差異は認められない。しかし 250 および 300°C に長時間保持したものは、5% 硝酸アルコールにより、他のものに比し腐蝕されにくい。第46図および第47図は X1 について、1,280°C 油焼入および 300°C に 10 時間保持したものの焼戻組織を示す。すなわちベイナイト生成により残留オーステナイトをより安定化しかつその量も多く、したがって焼戻抵抗を大ならしめるためではないかと思考する。

なお以上の結果からその熱浴に保持する時間により耐久力を低下せしめ、または高めることについてはベイナイトの生成状態、残留オーステナイトの量および炭化物の析出状態などに関係あるものと思われるが、本実験ではあきらかたなく今後の究明が必要である。また切削試験結果についても、さらにこれを確認するため目下実験中であり、これについては後報する。

[IV] 結 言

上述の結果を要約すればつぎのごとくである。

(1) 低 W 高速度鋼 X1 および Co を含む X3 について、熱浴温度および保持時間と焼戻 Ar'' 変態との関係、 I_{∞} の変化および耐久切削時間との関係を調べた。

(2) 硬度は X1 および X3 とともに、熱浴 100~600°C においては 300°C の場合が最も低下する。また変態進行速度は X1 に比し X3 の方大である。

(3) 熱浴 250 および 300°C に長時間保持したものは、焼戻における二次 Ar'' 点を上昇しかつ $r \rightarrow \alpha$ 変化による膨脹が著しい。一方 600°C の場合は保持時間を増す程、逆に焼戻 Ar'' 点を低下し、その膨脹程度も少ない。

(4) ベイナイト生成温度 250~300°C に保持したものは I_{∞} を著しく減少する。すなわち残留オーステナイトが多く、また 600°C では逆に I_{∞} を上昇する。

(5) 熱浴 250 および 300°C に長時間保持したものは、切削性能を向上せしめる傾向にある。なおこれについては確認のためさらに実験中である。

終りに臨み本研究遂行にあたり、切削試験その他に協力された日立製作所安来工場冶金研究所の永島、西沼両所員に対し、深謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 小柴：高速度鋼
- (2) 門間、樹村、平田：日本金属学会誌 6 号 (1952)
- (3) 門間、樹村、平田：日本金属学会誌 7 号 (1952)
- (4) 小柴、菊田：安来研報第 578 号 昭 26. 5
- (5) 大和久：金属 1 号 (1952)