

ステンレス板における低温焼鈍効果

第3報 17-7 PH ステンレス

村 川 梨

概 要

析出硬化性ステンレス 17-7 PH に強い圧延を与えることによって得られるマルテンサイト系の板を 475°C 附近の温度で適当な時間加熱すれば微粒子が析出すると同時にバネ特性がよくなることがわかった。熱処理によるマルテンサイトの状況の変化を顕微鏡で追跡した。

§1. ま え が き

以前の報告で精密計器用バネとしての 18-8 ステンレスの板の性能を詳しくしらべて報告した [1] [2]。これよりももっとバネ特性のすぐれた析出硬化性 17-7 PH ステンレスについて述べるのが今度の報告の目的である。

17-7 PH ステンレスはジェット・エンジンまたはロケットの耐熱構造用材料として発明された [2]。その後になって強圧延を施せば薄板としても優秀なものであることがわかり [3]、ロケットに積載する計器のバネとして 300°C の高温になっても作動性能が良好であることがわかり、注目されるようになった。

当実験室には 100°C 以上の温度でバネ特性を測定することのできる装置がないから、室温におけるバネ特性だけをしらべた。

§2. 実 験 装 置

ここでしらべた 17-7 PH ステンレスは Cr 17%, Ni 7%, Al 1.1%, Mn 1%, C 0.1%, Fe bal. なる成分のもので、いずれも 1050°C で数分間加熱後室温に冷却してから強圧延を施したものであった。その加工度は Table 1 の通りであった。

これらの試料を幅 1 cm の短冊の形に切り、種々の温度で(水素中で)熱処理を行なってから、片持ちレバーの方式によって残留たわみを測定した。表面最大応力が 30 kg/mm² のときの残留たわみ角を $\Delta\theta_{30}$ と書き、これを以って残留たわみを代表せしめた。これが小さい程、バネとしては良好なわけである。その測定法については以前の報告 [4] で詳しく述べたから、ここではその記述を

Table 1. List of samples of 17-7 PH stainless sheet.*

Sample no.	Cold reduction (%)	Thickness (mm)	Ingot no.
1	35	0.65	1
2	40	0.60	
3	60	0.40	
4	70	0.60	2
5	94.3	0.115	

* Chemical composition: Cr 17%, Ni 7%, Al 1.1%, Mn 1%, C 0.07%, Fe bal.

くり返さない。残留たわみの他にビッカースの硬さ (VHN) を測定した。VHN のデータの処理の方法についても以前の報告 [4] に詳しく述べてあるから、これを参照して頂きたい。

§3. 実験結果

第1回目のインゴットから作った圧延度 35%, 40%, 60% の板を入手、これについて測定を行なって Fig. 1 と Fig. 2 に示すような結果を得た。後に示すように顕微鏡組織は $475^{\circ}\text{C} \times 1 \text{ hr.}$ の熱処理で析出硬化を示しているが、バネ特性は余り良好ではなかった。圧延度が 35% または 40% のものは $\Delta\theta_{30}$ が余り小さくないが、圧延度 60% のものは洋白

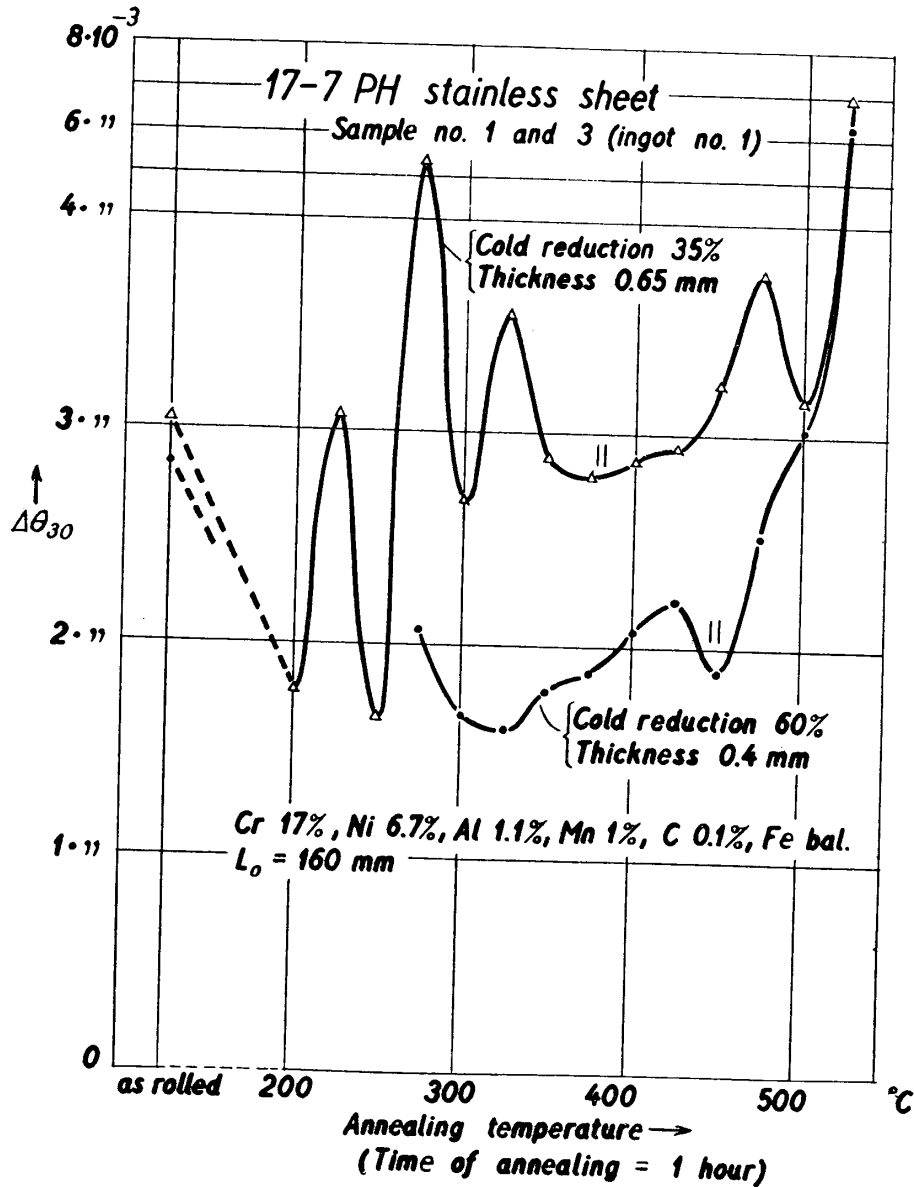


Fig. 1. Effect of annealing on $\Delta\theta_{30}$ in cold-rolled sheets of 17-7 PH stainless, sample nos. 1 and 3 (ingot no. 1).

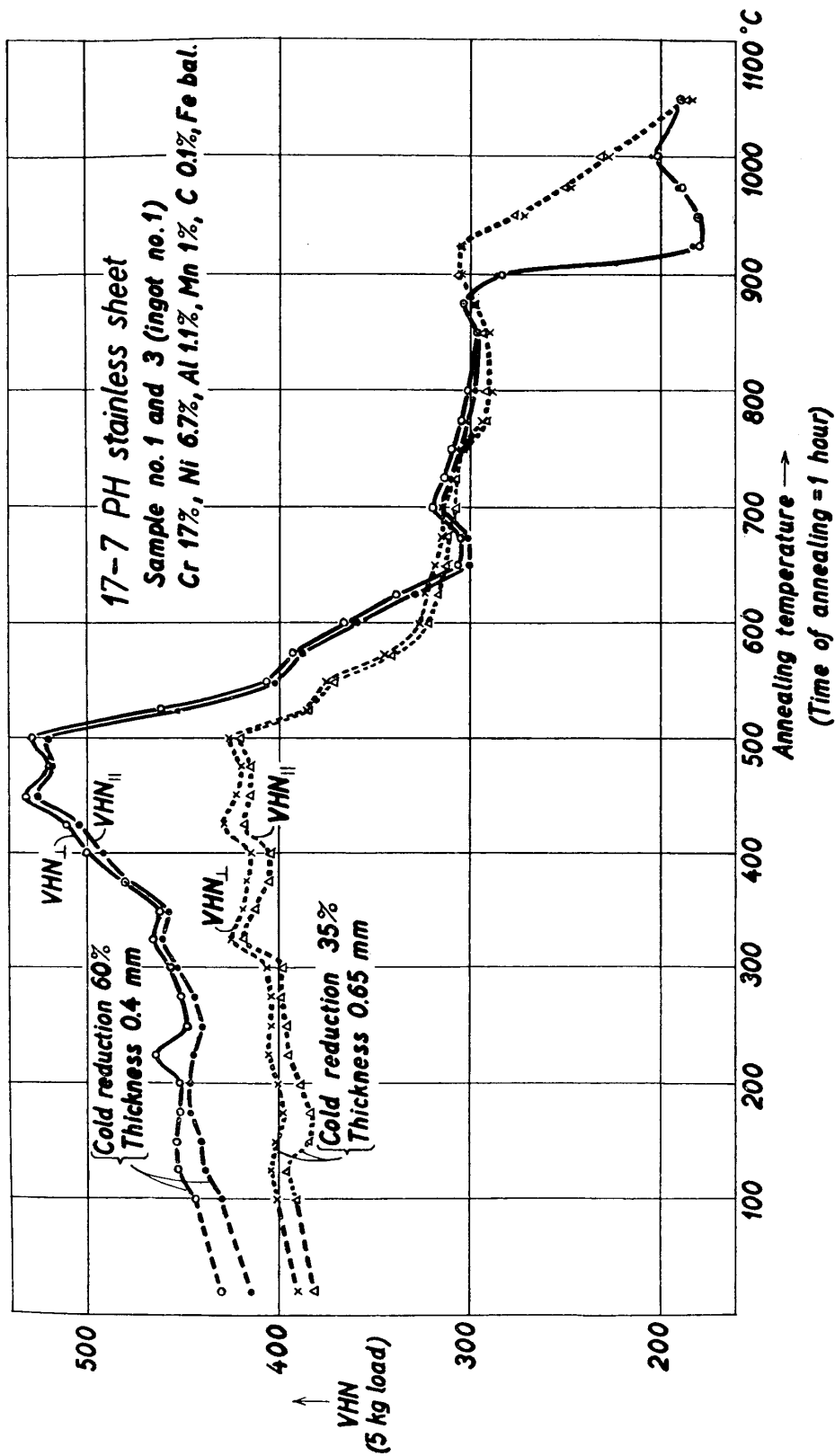


Fig. 2. Effect of annealing on VHN in cold-rolled sheets of 17-7 PH stainless, sample nos. 1 and 3 (ingot no. 1).

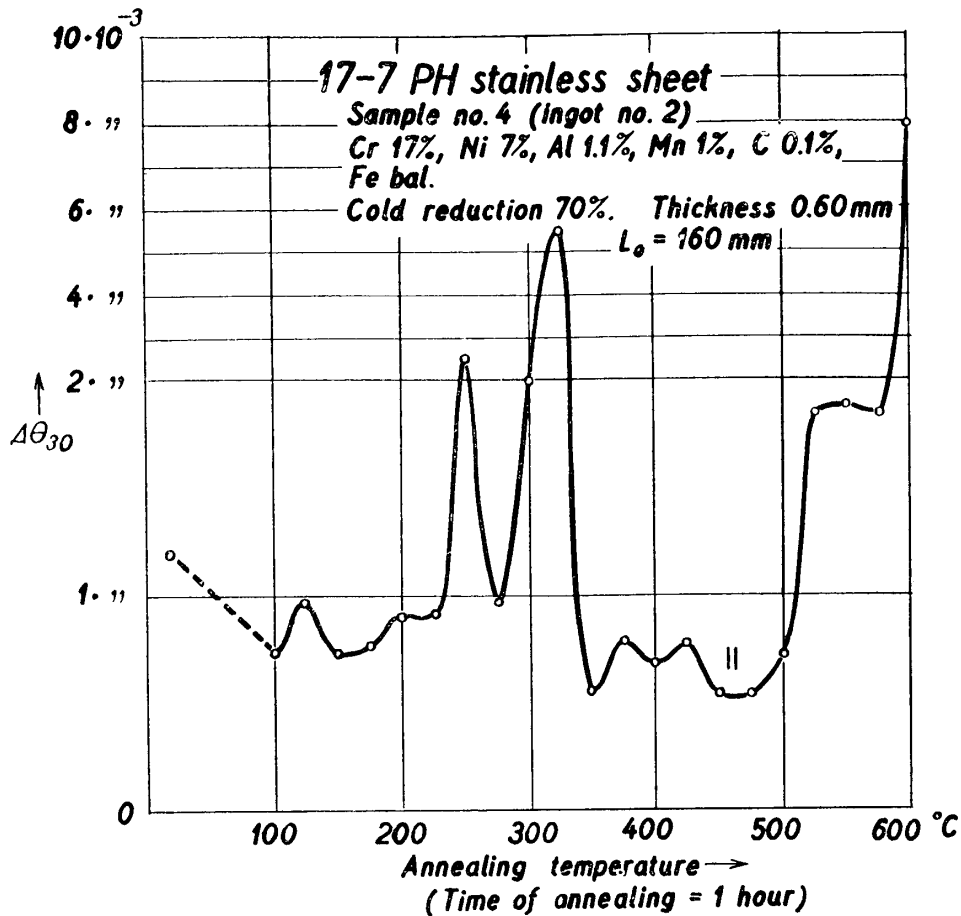


Fig. 3. Effect of annealing on $\Delta\theta_{30}$ in cold-rolled sheets of 17-7 PH stainless, sample no. 4 (ingot no. 2).

と同程度になることを期待していた。しかし圧延度 60% のものも洋白などに比してかなり劣るように思われた。

第2回目のインゴットから圧延度 70% の板を作ったものを入力、バネとしての特性をしらべた結果、今度は満足すべき性能であることが直ちに認められた。その測定結果を Fig. 3 と Fig. 4 とに示す。

これらの試料は凡そ 475°C で1時間加熱することにより析出硬化すると同時に、 $\Delta\theta_{30}$ が小さくなる。しかし 325°C~350°C で1時間加熱しても、僅かながら硬さの極大があらわれ、これに関連して $\Delta\theta_{30}$ の曲線 (Fig. 1, Fig. 3) でも 325°C の付近に極小があらわれる。このときの顕微鏡組織を 2000 倍まで拡大してしらべたが、余り目新しい現象は得られなかった。

No. 4 の試料を 460°C で種々の時間加熱するときの硬さの変化を Fig. 5 に示す。少くとも2段の硬化現象があることがこれによっても明らかである。

これよりもっと強い圧延を与えた試料 no. 5 についても同様である (Fig. 6)。Fig. 5 とちがう点は 460°C で加熱する前に与えた圧延度が大きくなるに従って加熱後の硬さの増

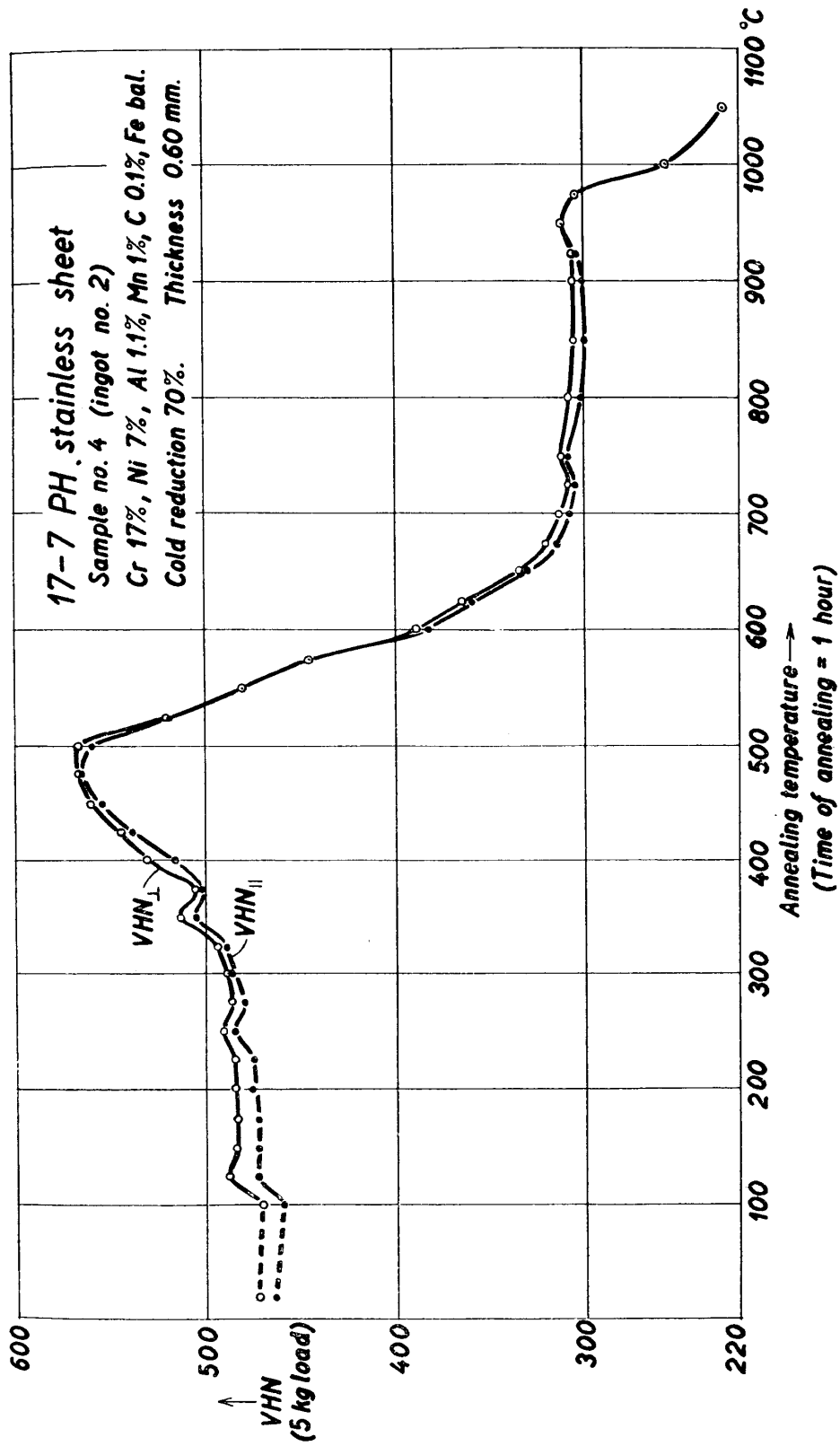


Fig. 4. Effect of annealing on VHN in cold-rolled sheets of 17-7 PH stainless, sample no. 4 (ingot no. 2).

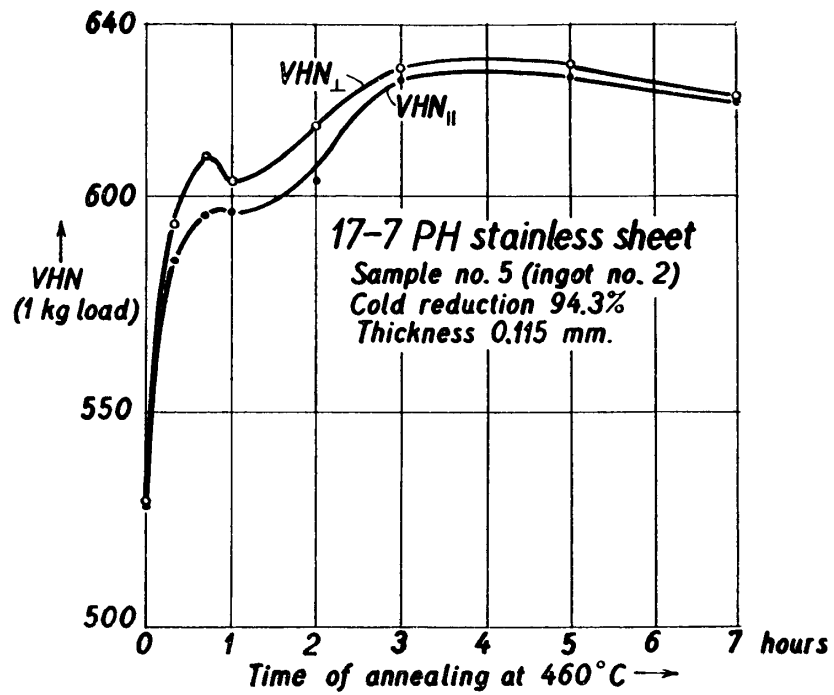


Fig. 5. Effect of time of annealing at 460°C on VHN in cold-rolled sheets of 17-7 PH stainless, sample no. 4 (ingot no. 2).

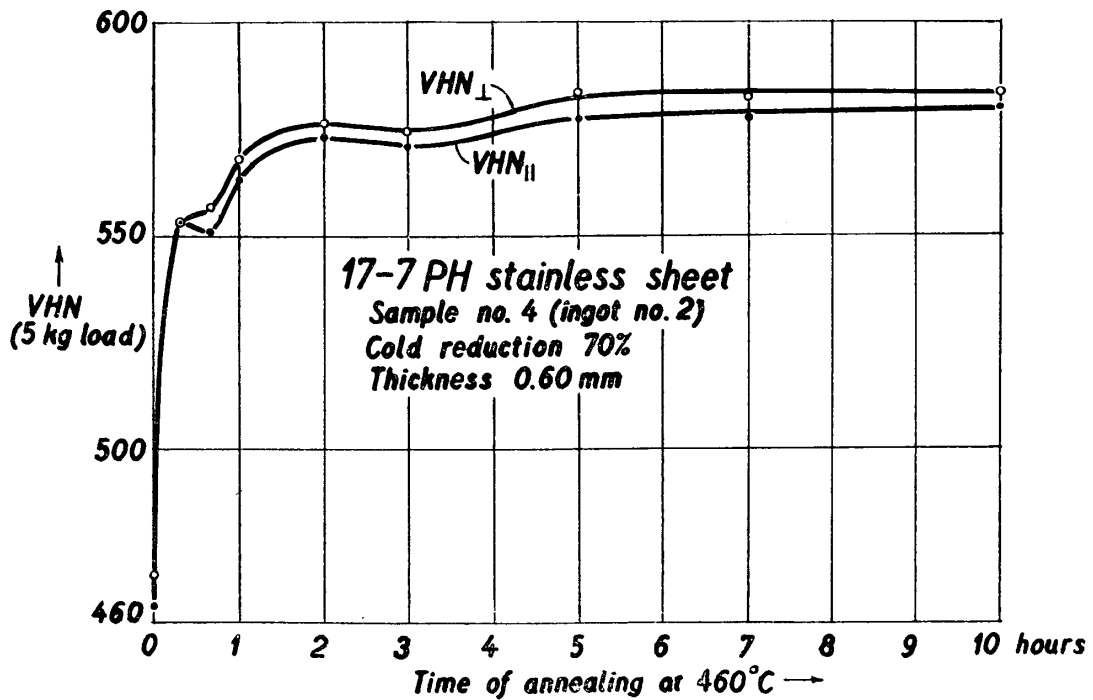


Fig. 6. Effect of time of annealing at 460°C on VHN in cold-rolled sheets of 17-7 PH stainless, sample no. 5 (ingot no. 2).

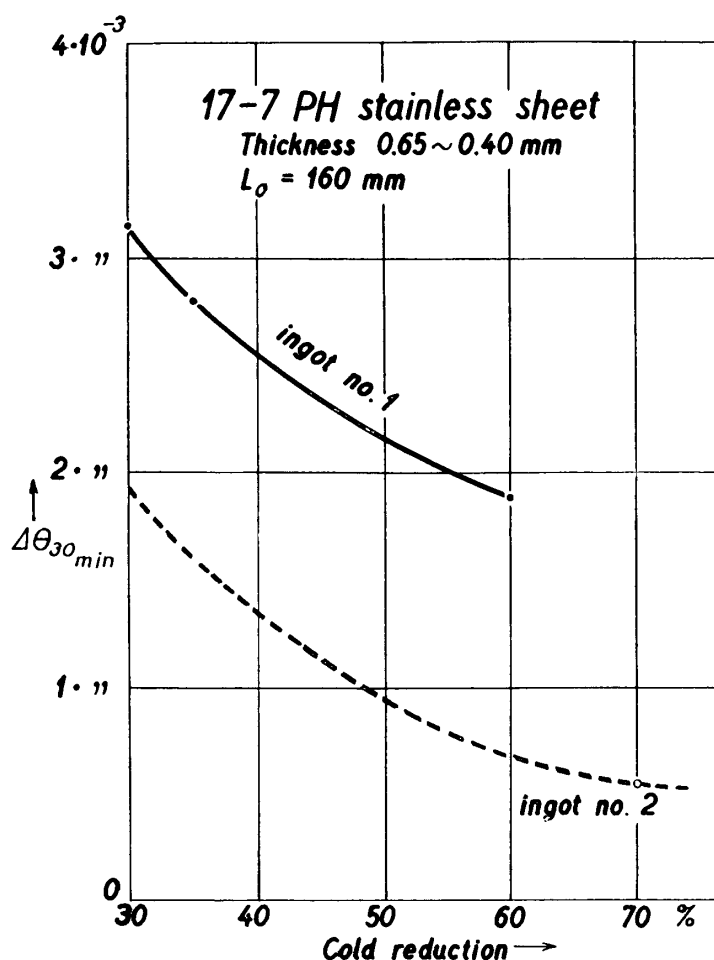


Fig. 7. Plot of the minimum of $\Delta\theta_{30}$ (attained by annealing the respective sample at about 475°C for 1 hour) versus cold reduction.

加もはるかに大きくなるということである。

Fig. 1 および Fig. 3 において、475°C の付近で得られる $\Delta\theta_{30}$ の極小値を圧延度の関数としてプロットすれば、Fig. 7 のようになる。インゴット no. 1 から得られた試料 no. 1, 2, 3 に関する点をつなげば一つの曲線ができて、Fig. 7 では、実線で示してある。これはインゴット no. 2 から得られた試料 (圧延度 70%) に関する点を通過しないで、それよりもはるか大きい値の所を通ることが明らかである。この事実はインゴット no. 1 は no. 2 にくらべて何等かの点で劣っていることによると考える。

そこでインゴット no. 2 の試料に関する点を通して Fig. 7 の実線に平行な曲線を描けば点線で示したようになる。インゴットさえ良好ならば、点線で示したような曲線が得られる筈であると考えれば、50% の圧延を施こした洋白よりもすぐれたバネ特性はおよそ 60% 以上の圧延を施こすことによって得られると結論することができる。

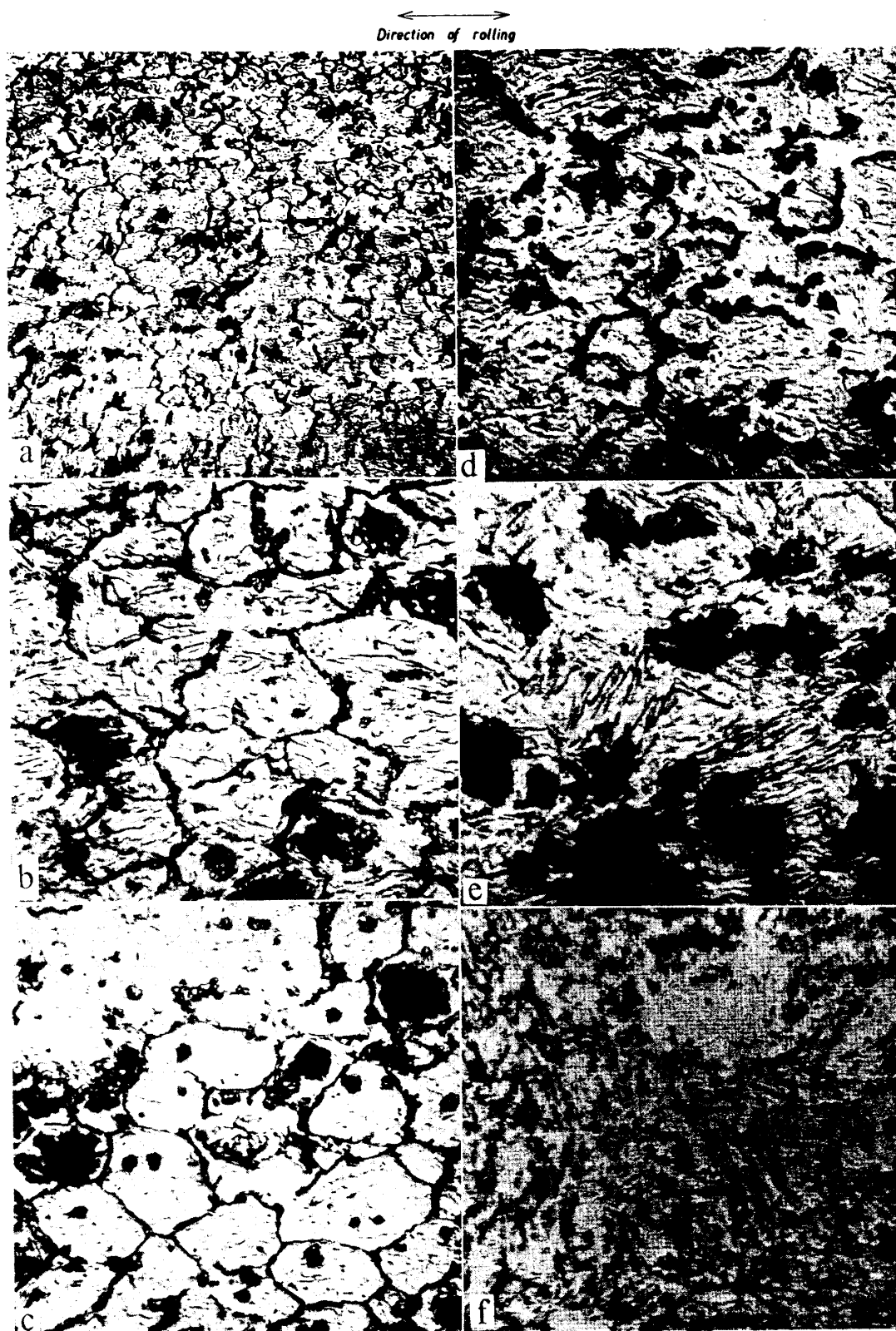


Fig. 8. Microscopic photographs of 17-7 PH stainless sheets. In each case the plane of rolling is examined.

- | | |
|---|---|
| a. sample no. 1, as rolled. $\times 180$. | $\times 720$. |
| b. sample no. 1, as rolled. $\times 720$. | e. sample no. 1, heated for 1 hour at 425°C .
$\times 720$. |
| c. sample no. 1, heated for 1 hour at 275°C .
$\times 720$. | f. sample no. 1, heated for 1 hour at 475°C .
$\times 720$. |
| d. sample no. 1, heated for 1 hour at 325°C . | |

↔
Direction of rolling

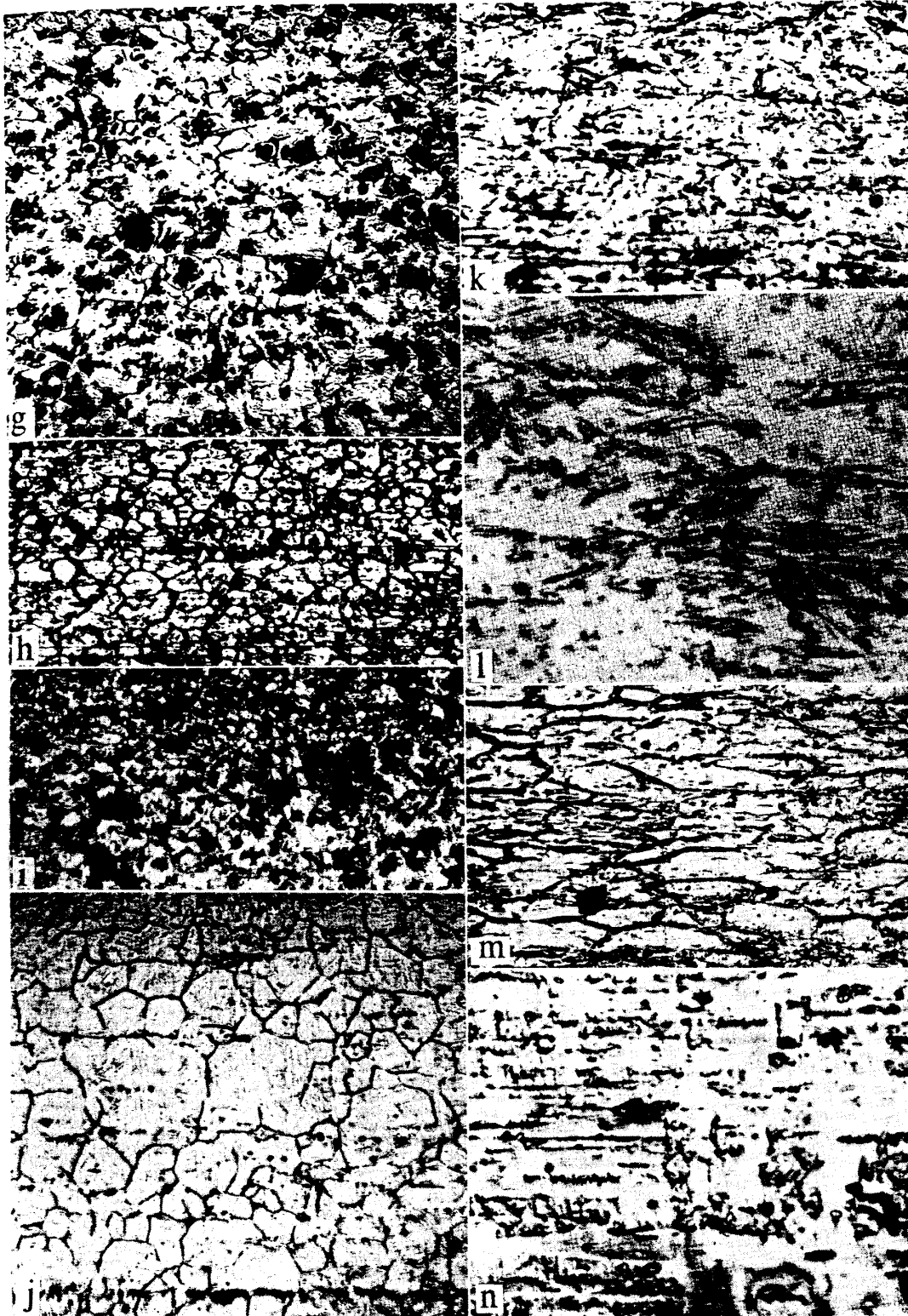


Fig. 8-continued.

- | | |
|--|---|
| g. sample no. 1, heated for 1 hour at 500°C. ×180. | j. sample no. 1, heated for 1 hour at 1050°C. ×180. |
| h. sample no. 1, heated for 1 hour at 500°C. ×180. | k. sample no. 3, as rolled. ×180. |
| i. sample no. 1, heated for 1 hour at 900°C. ×180. | l. sample no. 3, as rolled. ×720. |
| | m. sample no. 4, as rolled. ×180. |
| | n. sample no. 5, as rolled. ×720. |

§4. 顕微鏡組織

17-7 PH ステンレスの顕微鏡組織は既によく知られている [5]. 日本金属株式会社から発行したパンフレットに最も要領よくまとめられている。

ここの実験では硫酸とりん酸との混合溶液でエッチすることによって顕微鏡組織をしらべた。ただし 475°C 付近に加熱することによって析出する Al-Ni の化合物は塩化第二鉄と HCl との混合溶液でエッチしないと明らかな写真が得られない。

ここで得られた写真のうち代表的なものを Fig. 8 に示す。上に述べたエッチによっては δ -ferrite は検出することはできないが、今の場合、マルテンサイトが主役を演じていると考えられるので、これだけをしらべることにとどめた。

1050°C で加熱することによりオーステナイトの大きい粒が得られる (Fig. 8 j)。ただしこれにかすかにマルテンサイトが加わっているように思われる。これを圧延することによりマルテンサイトが明らかにあらわれる。35% の圧延によってはオーステナイトの粒界が残っていて、顕微鏡組織に明らかにあらわれて来る。これを加熱するに従って粒界が次第に消失するかのごとくに見える。そして 425°C で1時間加熱した試料 (圧延度 35%) では粒界を見ることはできない。475°C の加熱により析出物が明りょうにあらわれる。一度消失した粒界も 500°C で加熱することにより、もう一度あらわれるのではないかと思われる。ただしエッチの方法によってはあらわれないこともあるので、この点はもう少し念入りにしらべる必要がある。

圧延度を 60% または 70% にすると、オーステナイトの粒界は次第に不明りょうになり、94% の圧延によって粒界は完全に見られなくなり、マルテンサイトだけが見られるようになる。

ここで述べた圧延度の増加によるオーステナイトの粒界の変化は 18-8 ステンレスでも完全に同様である (第1報, 第2報)。第2報で示した 18-8 ステンレス板の顕微鏡写真でも、50% の圧延を施した板ではマルテンサイトは簡単に撮影することができたが、オーステナイトの粒界は極めて不明りょうであった。

ここでしらべた試料 no. 5 は東北大学金属材料研究所の田中英八郎所員の御好意で圧延して頂いたものであった。田中学兄の御協力を深く感謝する次第である。

1960年2月3日 計測部

参 考 文 献

- [1] 村川: 東京大学航空研究所集報 1 (1958) 109; 1 (1959) 365.
- [2] M.W. Marshall, D.C. Perry and N.R. Harpster: Metal Progress (July 1956) 94.
- [3] J.T. Richards and E.M. Smith: Metal Progress (May 1957) 71.
- [4] K. Murakawa: Rep. Inst. Sci. Technology, Univ. Tokyo, 10 (1956) No. 1.
- [5] 例えば古川徹, 佐藤知雄: 日本金属学会誌 23 (1959) 281. 日本金属株式会社: 17-7 PH ステンレン鋼とステンレスばね鋼 (1959).