

ステンレス鋼板における低温焼鈍効果

村 川 梨

概 要

冷間圧延したステンレスの板を適当な温度で焼鈍すれば精密バネとして使うことができる。18-8 のステンレスを強圧延したものを 425°C で 10 時間焼鈍すればピッカースの硬さが約 620 になり、時計用の動力ゼンマイとして、焼入れおよび焼戻しをした炭素鋼よりもすぐれていることがわかる。

§1. ま え が き

ステンレスは耐蝕性のすぐれている点を利用して種々の方面に用いられている。しかしこれの圧延板が精密バネとして価値があるかどうかを詳しく検討した文献はほとんど見当らない。著者はおよそ 9 年以前に当所の講演会で、電気抵抗が問題にならない場合には、ステンレス板に適当な低温焼鈍を行えば精密バネとして使用することができることを発表した[1]。

この報告では、そのときに発表したデータにその後測定した結果（主として時計用ゼンマイとして使用される 18-8 のステンレス板に関するもの）を付け加えて述べる。ただしここで取り扱おうステンレスはオーステナイト系のものだけである。

オーステナイト系のステンレスを冷間圧延してから低温焼鈍をしたときの弾性的性質の研究は既に Franks および Binder [2] の論文で発表されているが、たわみに関する性質は全然取り扱われていない。

§2. 実験装置

厚さ 0.65 mm のステンレスの板についてたわみの残留角 $\Delta\theta$ を測定した。その測定法については既に以前の報告 [3] で詳しく述べてあるので、これを参照していただきたい。最大表面応力 (maximum fiber stress) が 30 kg/mm² のときの $\Delta\theta$ を $\Delta\theta_{30}$ と書いてたわみの残留角を代表せしめた。これが小さいほど、バネとしての特性が良いわけである。

ピッカースの硬さのデータの取り扱い方についても以前の報告[2]に詳しく述べてある。

Table 1 はこの実験で使用したステンレスの試料の化学成分を列挙したものである。当所

Table 1. Chemical compositions of the stainless steel sheets (in %)

Sample label	Cr	Ni	Si	Mn	C	Other elements	Fe	
No. 1	18	8	2	0.3	0.2	W 3	rem.	*
No. 2	17	8.5	1.1	1.3	0.09	Mo 0.7	rem.	**
No. 3	13	13	0.2	0.3	0.2	—	rem.	*

* Reduced 35% by cold rolling. Thickness = 0.65 mm.

** Prepared by the Sandvik Steelworks. Thickness = 0.12 mm.

のロールはステンレスを圧延するだけ強力ではないので、これらの試料は全部他所のロールで圧延されたものである。

§3. 測定結果

試料1に関する測定結果を Fig. 1 に、試料3に関する測定結果を Fig. 2 に示す。いずれも適当な温度で焼鈍すれば、 $\Delta\theta_{30}$ が小さくなって、精密バネとして使用できる程度になっている。いずれの場合にも 425°C で焼鈍することによって、最大の硬さが得られている。試料2についても同様である。

試料2を 425°C で焼鈍するとき、焼鈍の時間と硬さとの関係に対する測定結果を Fig. 3 に示す。10 時間の焼鈍により VHN が約 610 になる。普通の小型時計の炭素鋼の動力ゼンマイ（焼入れてから焼戻す）は VHN 600-700 で使用するのが通例であるから、上記のステンレスは硬さの点では満足であると考えられる。炭素鋼のゼンマイと比較して耐蝕性は優秀であり、折れ難いという長所があるから、近い将来に小型時計の動力ゼンマイとしてはステンレスまたはニバフレックスまたはその他の強圧延を受けた合金ゼンマイだけが使用される

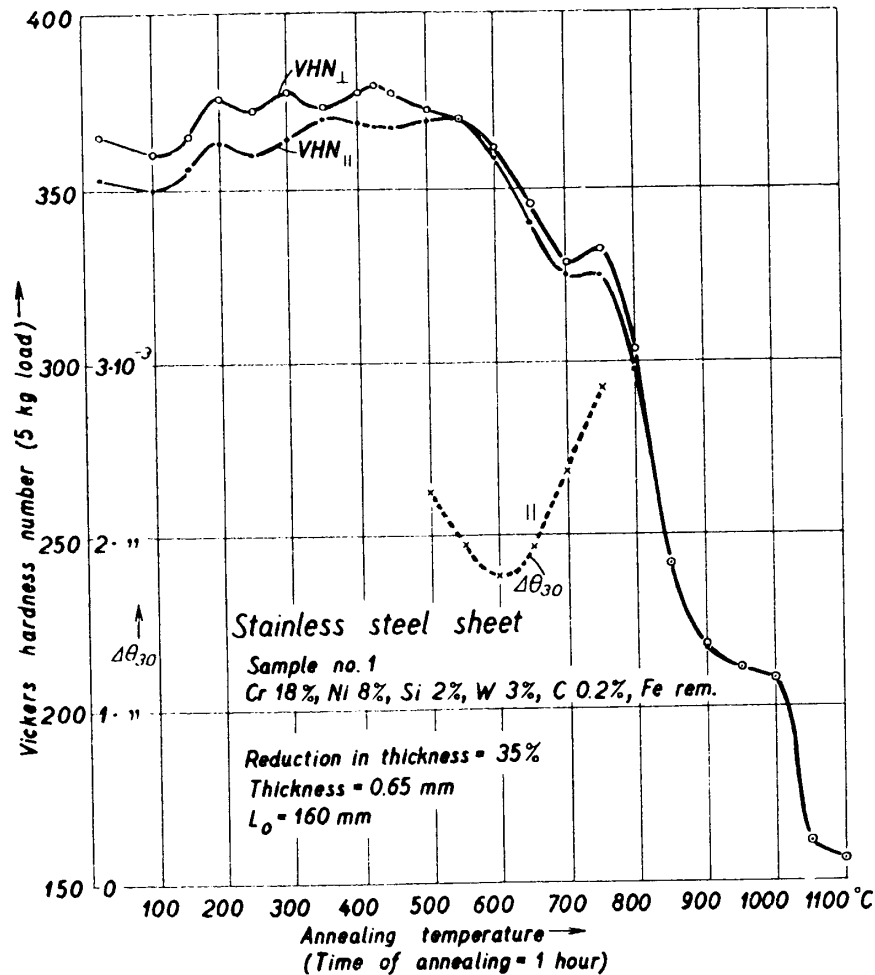


Fig. 1. Effect of annealing on VHN and $\Delta\theta_{30}$ in cold-rolled sheets of stainless steel, sample no. 1.

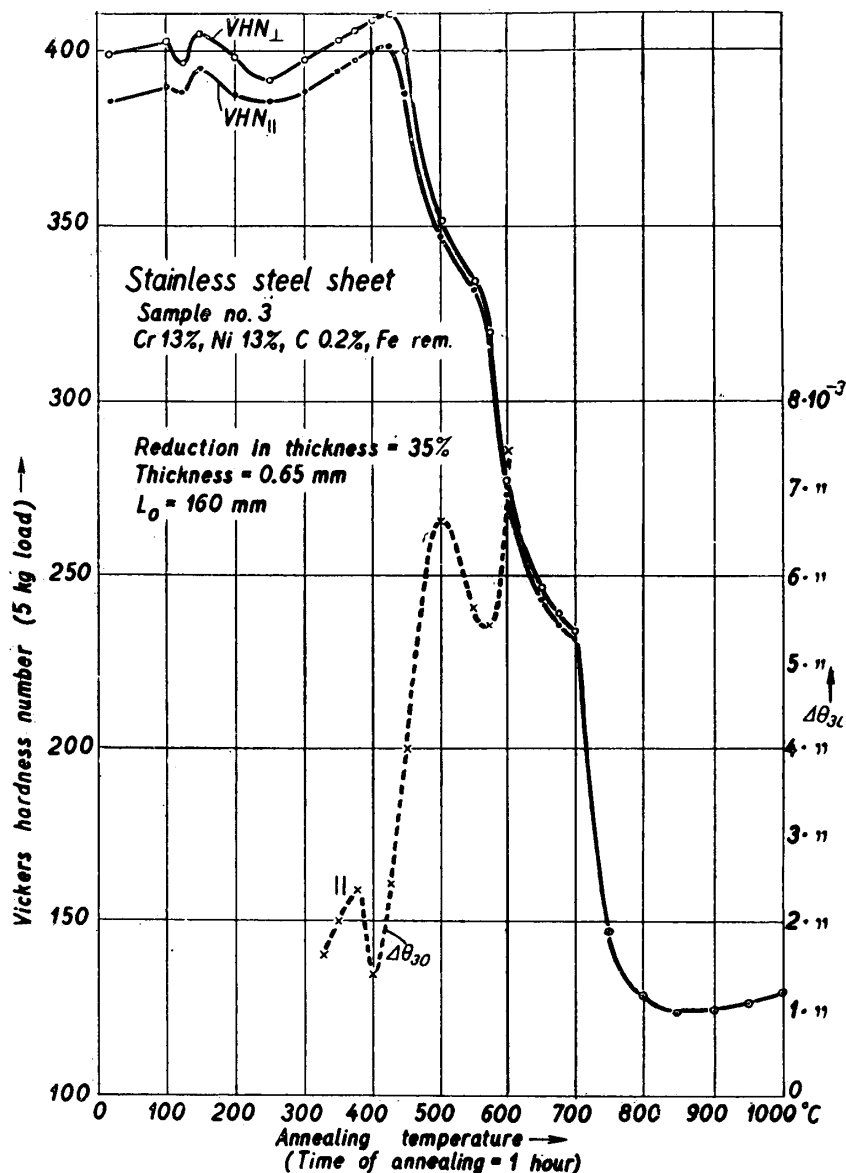


Fig. 2. Effect of annealing on VHN and $\Delta\theta_{30}$ in cold-rolled sheets of stainless steel, sample no. 3.

よくなるものと考えられる。

試料1および2の顕微鏡写真を Fig. 4 に、試料3の顕微鏡写真を Fig. 5 に示す。これらの写真を解釈するために、Krivobok [4] の発表した 18-8 ステンレスの状態図を、そのまま、Fig. 6 にコピーした（試料1は W を含有するから、この状態図よりも複雑な変化をする）。ここで取り扱ったステンレスは炭素の量が 0.2% を越えていないから、高温度ではオーステナイトになるはずである。これを圧延すれば、多少の磁性を有するようになることから明らかな通り、 α 相およびカーバイドがオーステナイトに混合する。圧延したままでは、どの写真（特に試料2で）でもカーバイドが明らかにあらわれている。425°C で焼鈍したものの写真は圧延のままの写真とあまり明瞭には区別することができない。これよりも

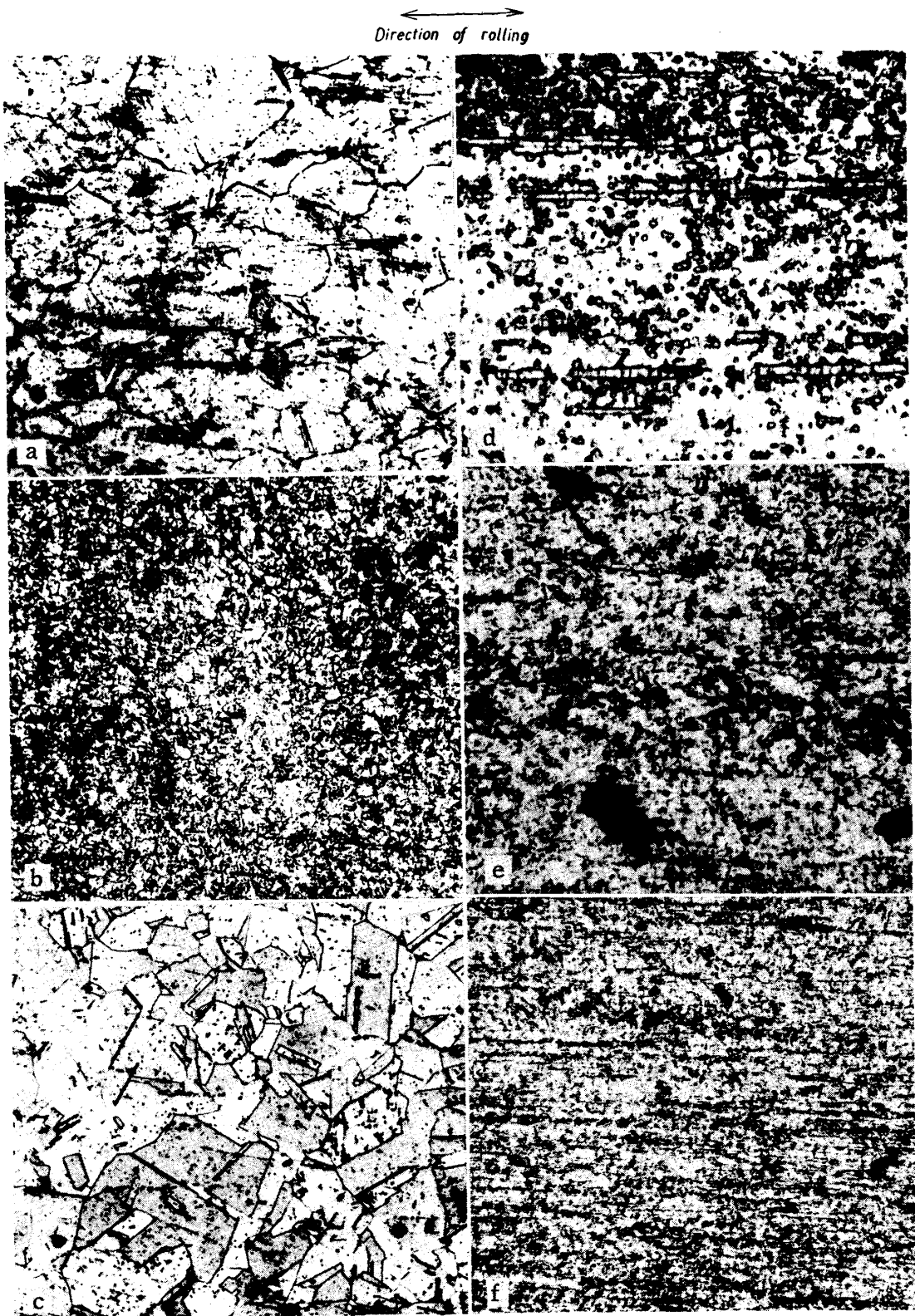


Fig. 4. Microscopic photographs of 18-8 stainless steel sheets, samples 1 and 2. In every case the plane of rolling is examined. (a) sample 1, as rolled. $\times 180$. (b) sample 1, annealed at 1000°C for 1 hr. $\times 180$. (c) sample 1, annealed at 1100°C for 1 hr. $\times 180$. (d) sample 2, as rolled. $\times 720$. (e) sample 2, annealed at 425°C for 5 hrs. $\times 720$. (f) sample 2, annealed at 425°C for 5 hrs. $\times 180$.

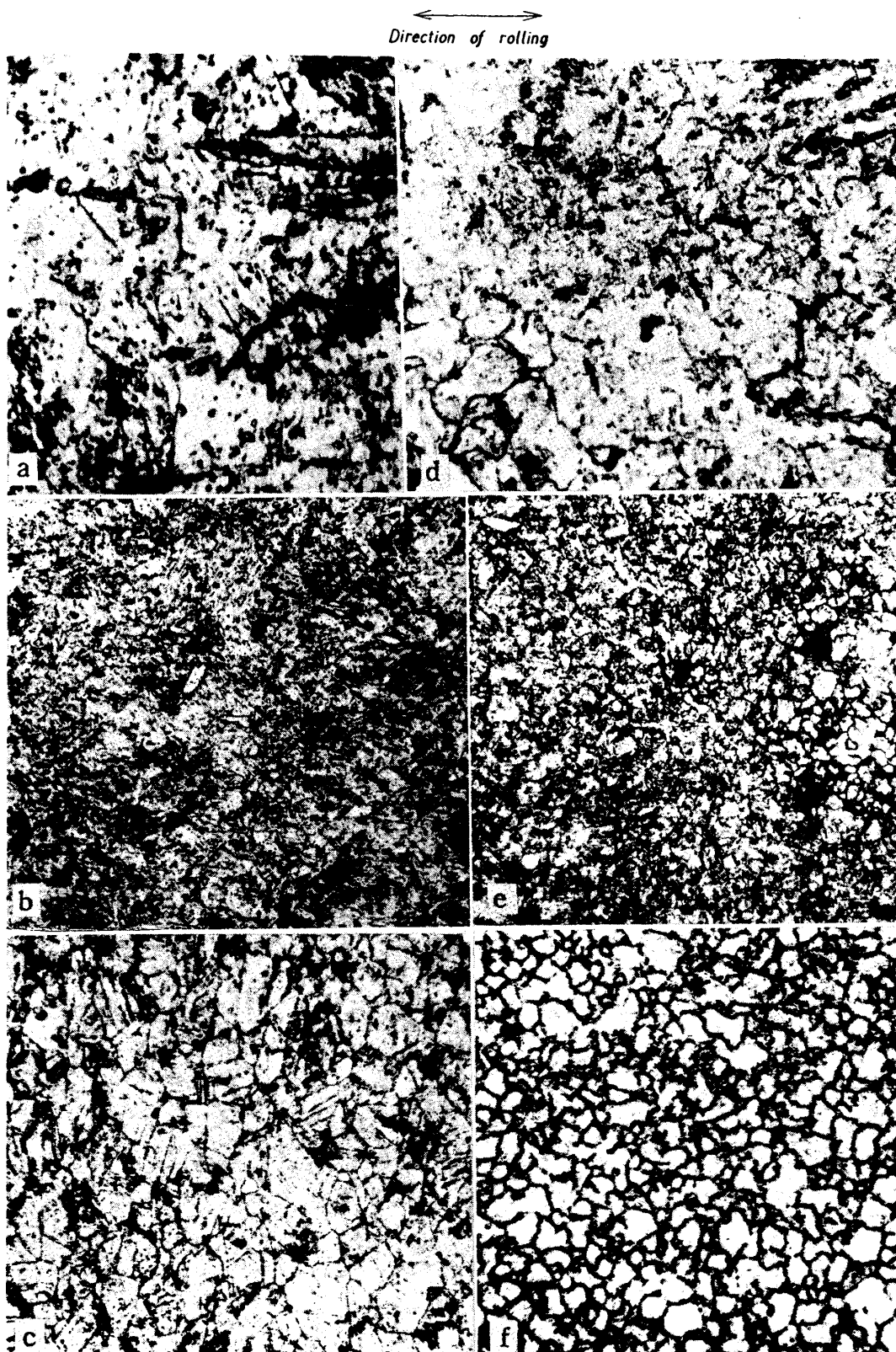


Fig. 5. Microscopic photographs of stainless steel sheet, sample no. 3. In every case the plane of rolling is examined.
 (a) as rolled. $\times 720$. (b) annealed at 425°C for 1 hr. $\times 180$. (c) annealed at 700°C for 1 hr. $\times 180$. (d) annealed at 750°C for 1 hr. $\times 720$. (e) annealed at 750°C for 1 hr. $\times 180$. (f) annealed at 1000°C for 1 hr. $\times 180$.

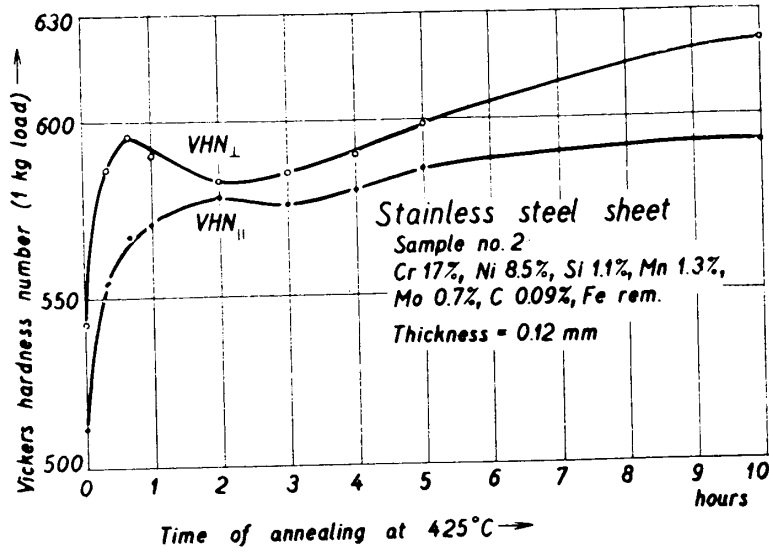


Fig. 3. Effect of time of annealing at 425° C on VHN in cold-rolled sheets of stainless steel, sample no. 2.

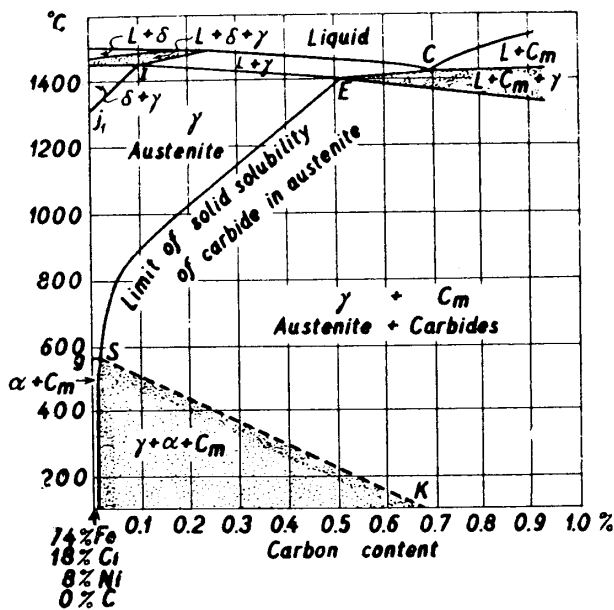


Fig. 6. Trend of reactions in steels alloyed with 18% Cr and 8% Ni, after Krivobok. Line S-K based on work of Aborn and Bain and others.

としては、試料1および3の適当な中間焼鈍温度はそれぞれ 1050°C および 900°C (加熱は約1時間) であると想像される。

この研究に用いたステンレスの試料は東京芝浦電気株式会社(1949年に)およびオリエン時計株式会社(1957年に)から寄附していただいたものであった。ここにこれらの会社に

高い温度に加熱するとオーステナイトの量が増加し、また、硬さの曲線に折れ目があらわれるごとに顕微鏡組織にも著しい変化があらわれる(例えば Fig. 5 の c 図と e 図)。また、試料3を 900°C より高い温度で焼鈍すれば、急冷しなくても多少のマルテンサイトが生ずるから、硬さの曲線が上昇気味になる。

上に述べたように、高温で加熱したときの結晶の相がそのまま圧延後の組織にあらわれるのでないから、洋白やりん青銅のときのように、顕微鏡写真だけから適当な中間焼鈍温度を決定することはできない。種々の要素を考慮に入れて、精密バネ用のステンレス板

対して厚く感謝の意を表する次第である。

1958 年 9 月 3 日 計 測 部

参 考 文 献

- [1] 村川：東京大学工学研究所報告 4 (1950) 166.
- [2] R. Franks and W.O. Binder : *Metals Technology* 7 (1940) T.P. No. 1183.
- [3] K. Murakawa : *Rep. Inst. Sci. Technology, Univ. Tokyo*, 10 (1956) No. 1.
- [4] V. N. Krivobok : *Constitution of Chromium and Chromium-Nickel Steels. Chapter 3, The Book of Stainless Steels, Ed. 2, by E.E. Thum, (The Amer. Soc. Metals, 1935).*