

Fig. 3. Relation between variation of diameter and reduction of test specimens.

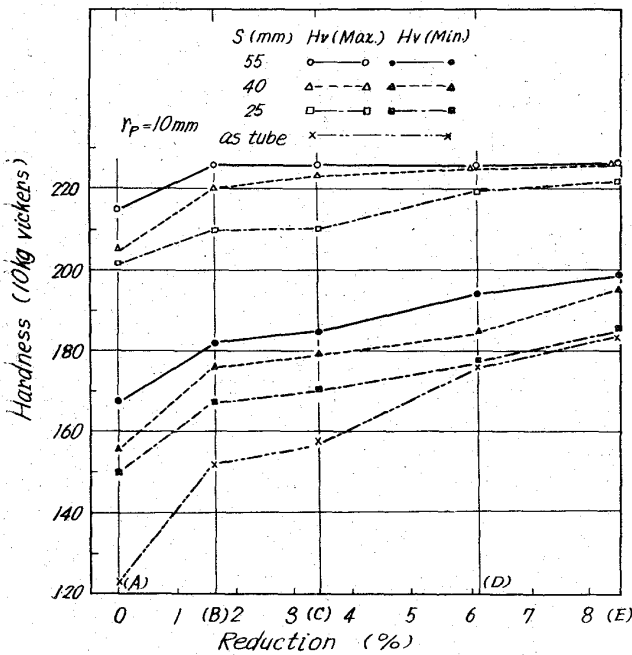


Fig. 4. Relation between hardness and reduction of test specimens.

4.4 変形による加工硬化

曲げ加工した管の中央断面について硬さ³⁾を測定した。変形の大きい中立軸附近の硬さが最も高い。また各種曲げ加工条件と最大および最小硬さの関係を Fig. 4 に示した。S=50mm では原管加工度 2.2% で硬さは最大となる。ストロークによる最高硬さの差異は S=40mm と 50mm ではほとんどない。またポンチ形状による硬さの差異もほとんどない。

4.5 顕微鏡組織

曲げ加工した管の中央部の顕微鏡組織を観察した。その結果は S=25mm を除いたいずれの加工条件とも中立軸附近の管内面に微細な割れが観察された。また加工度 8.5% の F 材では管の内側内面にも鋭い亀裂が観察

された。

5. 結 言

加工時の変形状態より押曲げ深さ(ストローク)40mm を超えると、曲管の中立軸附近は加工限界に近いと考えられ、とくに原管加工度が 3.5% 以上になれば加工限界を超えて局部伸びが生じた。その時管内面にはすでに微細な欠陥が生じており、強度上問題となるであろう。今回の試験では変形状態と内面欠陥の関係を把握することができなかつたが、扁平曲げ加工の材料の選定に当つては原管の加工硬化度を考慮に入れて、原管加工度 2~3% が適当だと考える。

文 献

- 1) 高瀬: 鋼管抜報
- 2) 長谷川編: ステンレス鋼便覧
益田(監修): 薄板の曲げ加工, 誠文堂新光社,
橋本: プレス曲げ加工, 日刊工業
- 3) Dr. Ing. Wolf Dietrich FRANZ: Das Kalt-Biegen von Rohren, Springer-Verlag
- 4) 岡本: 住友金属, 9, No. 1

(146) 軸受鋼管の球状化焼鈍

八幡製鉄, 光製鉄所

小平 博・岡本 一生

工博 中村 貞男・○仕幸 三郎

The Spheroidizing of Bearing Steel Tubes.

Hiroshi KOHIRA, Kazuo OKAMOTO,

Dr. Sadao NAKAMURA and Saburo SHIKO.

1. 結 言

軸受鋼第 2 種の球状化焼鈍組織は球状炭化物が均一微細に分布することが望まれ、従来から焼鈍組織の調整について焼鈍法が検討されて、時間短縮も兼ねて恒温変態を利用した焼鈍法が提唱されるに至っている。それら球状化焼鈍法および焼鈍前処理の焼鈍組織におよぼす影響について、熱間押し鋼管による調査を行なつた。

2. 球状化焼鈍組織の調整

2.1 球状化焼鈍法の検討

軸受鋼について Connert の提唱した恒温変態による球状化焼鈍曲線¹⁾の一例を Fig. 1 に示すが、この焼鈍法を鋼管の場合について検討した。Photo. 1 には、連続铸造ピレットから押し出された鋼管を Fig. 1 にしたがって焼鈍した場合の各段階の組織の変化を示した。熱間押し後の微細なパーライト組織をオーステナイト化温度に加熱後急冷し変態を終了させることにより焼準の効果を与え、以後の焼鈍が均一に行なわれるようにされる。この場合オーステナイト化温度は 830°C と低めにとられるので部分的に球状化組織がみられる。これを焼鈍温度 780°C に 2 hr 程度加熱保持されると組織はすでに球状化している。この温度で 2 hr の以上の保持は 10 hr 程度になつてもほとんど組織に影響を与えない。次に恒温変態温度に保定して変態を終了させるが、この温度を 720°C から 740°C に変えても従来いわれているよ

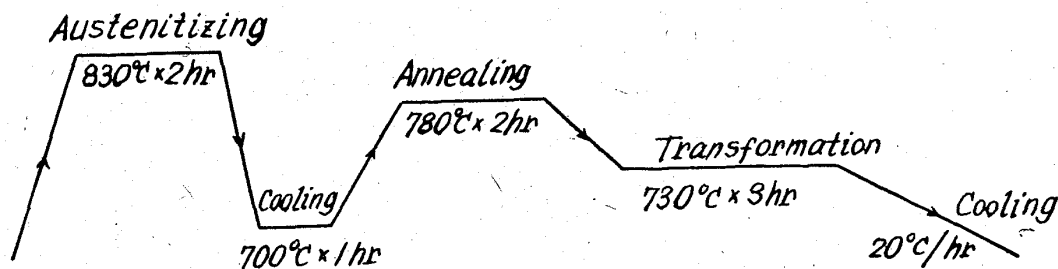
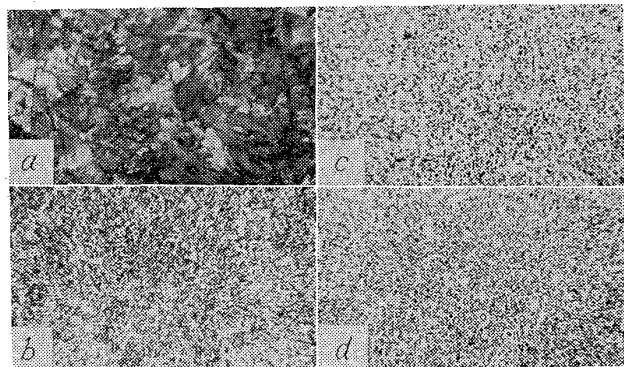


Fig. 1. Heat treatment diagram (No. 1) of bearing steel SUJ-2 according to the proposal by Connert.

た。
さらに鋼管では、
押出し直後では、
Photo. 1 に見られ
るように微細なパー
ライト組織であるの
で、焼準に相当する
過程を省略すること
が可能になる。その
場合の実験結果も
Table 1 に示され



(a) As extruded × 400 (1/2)
(b) Cooling 700°C x 1hr × 1000
(c) Annealing 780°C x 2hr × 1000
(d) Annealed × 1000

Photo. 1. Structure in spheroidizing treatment.

うには焼鈍組織は影響を受けない²⁾。

このように鋼管の焼鈍組織については焼鈍法はほとんど影響しないので、各段階での温度および時間を適当に選ぶと焼鈍時間を短縮することができ、Table 1 に示した条件での実験を行なった。この実験結果によると Connert の場合に相当する No. 1 の約 15hr に対し No. 9 のように約 5 hr 短縮が可能である。

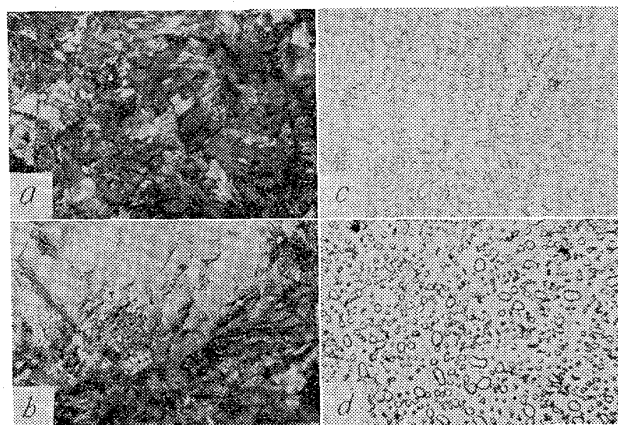
ただし鋼管でなく 70φ 棒材であると短時間焼鈍では完全な球状化焼鈍組織にならず層状パーライトが残つ

てあり、7.5hr 程度にまで短縮できることがわかる。ただしこのように短縮化されたものでは炭化物粒はやや形状が悪くなる。

2.2 焼鈍前組織の影響

鋼管の焼鈍組織は焼鈍法によつてほとんど影響を受けないので、焼鈍前組織の影響を検討した。

鋼管押出し後の冷却を空冷とパーミキュライト徐冷し



As extruded × 400 Annealed × 1500 (1/2)
(a) Air cool after extrusion.
(b) Slow cool after extrusion.
(c) Air cool after extrusion.
(d) Slow cool after extrusion.

Photo. 2. Effect of structure before spheroidizing on annealed structure.

Table 1. Results of spheroidizing treatment.

No.	Austenitizing		Cooling		Annealing		Transformation		Cooling rate (°C/hr)	Hardness after annealing (HR _B)	Cementite grain size (μ)
	temp. (°C)	time (hr)	temp. (°C)	time (hr)	temp. (°C)	time (hr)	temp. (°C)	time (hr)			
1	830	2	700	1	780	2	730	3	20	{90.0 89.3*	{0.48 0.63*
2	830	2	650	0.5	780	2	730	3	20	90.0	0.45
3	830	2	700	1	780	1	730	3	20	91.5	0.50
4	830	2	700	1	780	2	720	2	20	91.0	0.45
5	830	2	700	1	780	2	730	2	50	90.5	0.45
6	—	—	—	—	780	2	730	3	20	90.5	0.42
7	—	—	—	—	780	1	730	2.5	30	91.3	0.45
8	—	—	—	—	780	1	730	2	30	91.5	0.43
9	830	1	650	0.5	780	2	720	2	20	89.5	0.44
10	—	—	—	—	780	1	720	2	20	90.5	0.46
11	—	—	—	—	780	2	Colling 5°C/hr			90.3	0.45
12	—	—	—	—	780	2	Colling 10°C/hr			90.7	0.43
13	1~3 times repeated between 780°C~0.5 hr and 720°C×0.5 hr									91.0~90.3	0.4~0.45

* Slow cooling after extrusion.

Table 2. Cementite grain size vs. austenite grain size.

Austenite grain size (A. S. T. M. No.)	Cementite grain size (μ)
5	0.65~0.80
7	0.50~0.60
9	0.40~0.45

た場合、組織は Photo. 2 のようになり、徐冷によつて粗い組織になる！それに対応して焼鈍組織も粗くなる。

鋼管でも焼鈍炭化物粒には $6.5 \sim 1 \mu$ 程度の差があり、 930°C に 30min 保持後炉冷材で得られるオーステナイト結晶粒の微細なものほど Table 2 のように炭化物粒も微細になる傾向が認められた。

鋼材の熱間加工仕上り寸法が焼鈍組織に影響するといわれるが、肉厚の異なる圧延材による調査結果でも焼鈍前組織の違いに原因していることがわかり、肉厚の薄いものほど微細なパーライト組織がみられ焼鈍組織も微細になった。

焼鈍組織を粗くする方法として、焼鈍前の過程で A_1 点直下で 36hr 程度の長時間保持する方法もあるが³⁾、16 hr 以上でこの効果があらわれ、鋼管の場合炭化物は約 0.5μ 大きくなった。

3. 結 言

軸受鋼第 2 種の熱間押出鋼管について、球状化焼鈍組織の調整法を検討して次の結果を得た。

(1) 軸受鋼管の球状化焼鈍組織は、焼鈍法によつてはほとんど影響されず、焼鈍前組織による影響のほうが大きい。

(2) 熱間押出し製の軸受鋼管は押出し後の組織が微細なパーライトであるため、一般に均一微細な焼鈍組織が得られる。

(3) 焼鈍組織の微細なものはオーステナイト結晶粒度も微細である傾向が認められた。

文 献

- 1) W. CONNERT: Stahl u. Eisen, 80 (1960), p. 1048
- 2) W. HÜLSBRUCH, E. THEIS: Stahl u. Eisen, 72 (1952), p. 123.
- 3) P. PAYSON: The Metallurgy of Tool Steel, (1962). p. 122 [John Wiley & Son, Inc.]

(147) ショットの形状、直径およびピーニング時間の影響

(ショットピーニングを行なった弁ばねの硬度、残留応力および疲労限について—I)

名古屋工業大学 矢島悦次郎
東郷製作所 相羽雅文
名古屋工業大学 ○古沢浩一
東郷製作所 小笠原弘行

Effect of Shape and Diameter of Shot and Time of Peening.

(Hardness, residual stress and fatigue limit of shot-peened valve spring—I)

Etsujiro YAJIMA, Masahumi AIBA,
Kōichi HURUSAWA and Hiroyuki OGASAWARA.

1. 緒 言

ショットピーニングがわが国に紹介されて 13~14 年を経過した。この間主にばね工業において広く普及し、ばねの耐疲労性向上に寄与している。

ピーニング技術に関する研究は数多く発表されているが、一般的には断片的であり、組織的研究は少ないようである。著者等はショットピーニングに関与する多くの条件を変化させ、これが硬度分布曲線、残留応力分布曲線、S-N 曲線などにいかなる影響を与えるかについて、総合的研究を行なったので、その結果を報告する。

2. 実験方法と試料

実験に用いた試料は板状の A 試片とコイルバネ状の B 試片とである。A 試片は残留応力分布と、硬度分布とを求めたためのものであり、また B 試片は疲労試験をおこなうためのものである。ショットピーニングを行なう場合には A、B 両試片を同時にピーニング機にセットしたので、ピーニングは両試片とも完全に同一条件で行なわれるものと考えることができる。A B 別々の試片を用いて、それぞれの測定を行ない、その結果を総合して議論することは勿論厳密には正しくないはずである。しかし径 4.5mm の線材(コイルばね)の残留応力を溶解法で求めることは技術的に難しく、また、たとえ測定はできたとしても十分な精度を期待することは困難なので、止むを得ず上述の方法で実験を進めた。

A 試片(板状試片)の化学成分と試片の寸法などを Table 1 に、また、B 試片(コイル状試片)の化学成分ばね諸元、標準の製造条件などを Table 2 に示した。

残留応力の測定は硝酸溶解法である。また、疲労試験機は星型(1800r. p. m)のもので平均応力 $50\text{kg}/\text{mm}^2$ にセットし、1 群 4 個計 64 個の試験によつて 1 本の S-N 曲線を完成した。なお 1 群 4 個のコイルスプリング全部が 10^7 回以上の繰返し数に耐え得る最大の応力振巾をもつて、疲労耐久限とした。

Table 1. Chemical composition (%) and dimension of A-specimen(alumen gauge).

C	Si	Mn	P	S	Dimension
0.60 ~0.70	0.35	0.50	0.030	0.030	19×88× 1.3mm