

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 4.5 mm 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 kg/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	$19 \times 88 \times 1.3 \text{ mm}$

Table 2. Chemical composition(%), mechanical properties and the dimension of B-specimen (coil spring).

Material	C	Si	Mn	P	S	Cu	Tensile strength	Number of torsion
SWP-V	0.81	0.28	0.51	0.014	0.012	0.05	169 kg/mm	37

d (mm)	D (mm)	H (mm)	N	n	k	D/d
4.5	25	62.0	7	5	5.24	5.56

Coiling	Automatic coiling machine
Bluing	Electric furnace of box type (350°×30min)
Peening	Tumbling barrel type Peripheral velocity of impeller : 2800rpm Exposure time : 15min Shot { Material.....0.6% C-cut wire Size.....0.8mm dia. Charge weight...35kg
Pre-setting	Stress : 90 kg/mm; Cycles : 5
Annealing	Electric furnace of box type (230°×30min.)

3. 実験結果

3.1 ショットの形状の影響

使用したショットは径および長さとも 0.8mm φ のカットワイヤーである。これをピーニングマシンにかけて空運転すると次第に角が取れて丸くなるので、その時間を 0, 1, 3, 5 hr と変化させたものを用いて、ショットの形状の影響を調べた。Fig. 1~3 はこの場合の硬度分布曲線、残留応力分布曲線および S-N 曲線である。

Fig. 1 の硬度分布曲線によると、ピーニングを行なったものには、表面附近 0.1~0.2mm 深さの位置に硬度ピークが生じている。ショットの形状の丸いものほど硬度ピークも硬度曲線全般も内方に移行する。

Fig. 2 は応力分布曲線である。言うまでもなくピーニングによつて表面附近には圧縮応力が、内部には引張応力が生じている。表面の応力はショットが丸い程低い値

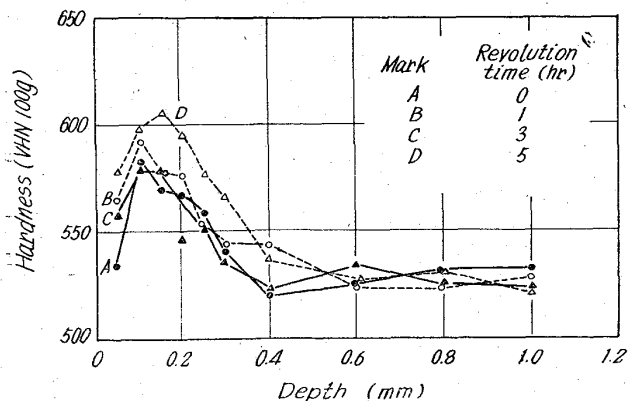


Fig. 1. Effect of the roundness of shot (racing time of the peening machine) on hardness.

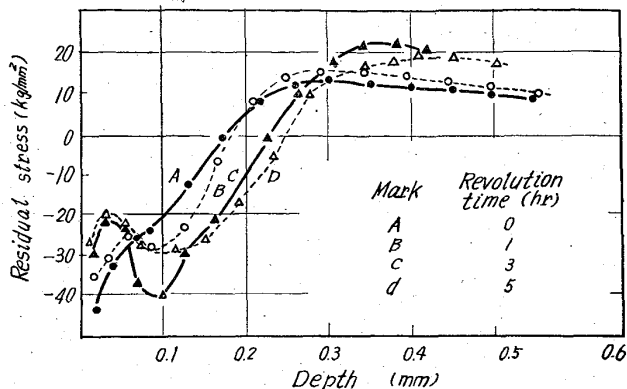


Fig. 2. Effect of the roundness of shot (racing time of the peening machine) on residual stress.

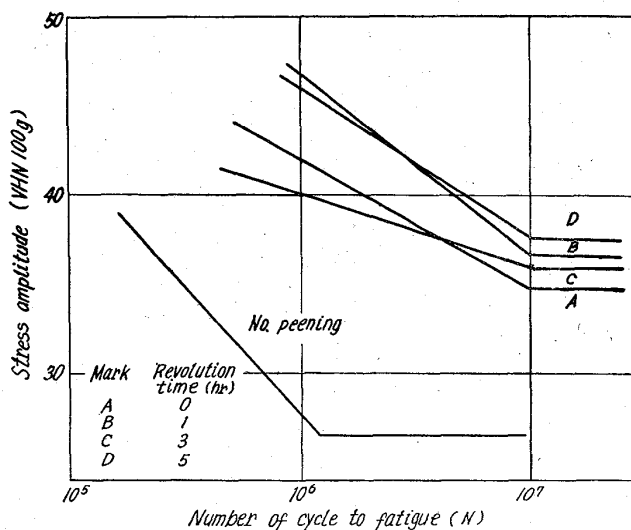


Fig. 3. Effect of roundness of shot (racing time of the peening machine) on fatigue strength.

を示すが応力零を示す点はショットが丸い程深い。

S-N 曲線を Fig. 3 に示す。ピーニングしたものの疲労限界がピーニングしないものに較べ著しく大きい。またショットの丸い程疲労限界が高い。

3.2 ショットの大きさの影響

Fig. 4 は硬度分布、Fig. 5 は残留応力分布を示す。粒が大なる程硬度ピークは深くかつ大きくあらわれている。応力零を示す位置も粒径が大なるほど深い。粒径が大となれば、その径の 3 乗に比例して質量は大となり、もしその投射速度一定ならば、その運動エネルギーも径の 3 乗に比例して大となるためにピーニングの効果が深くまでおよぶためであろう。表面の圧縮応力値は大粒程小さい。これは衝撃のため表面付近で温度上昇があり、そのためある程度応力が緩和されるためであろう。

S-N 曲線 (図省略) によると 0.6~0.8mm φ にショットの大きさの最適値があるものと考えられる。

3.3 ピーニング時間の影響

ピーニング時間を 3, 10, 30, 100min と変化させたところ、時間の長い程ピークの位置は深く、硬度も大となる。応力値零を示す深さも同様に大きくなる。疲労限界

621.787.6 : 621.785.375

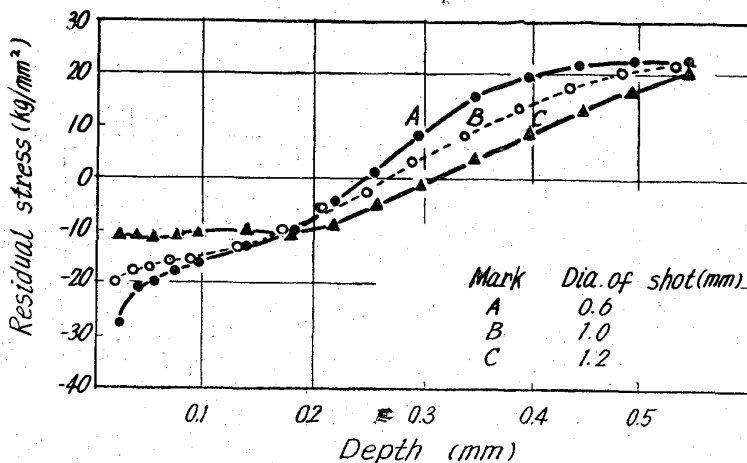


Fig. 4. Effect of the size of shot on hardness.

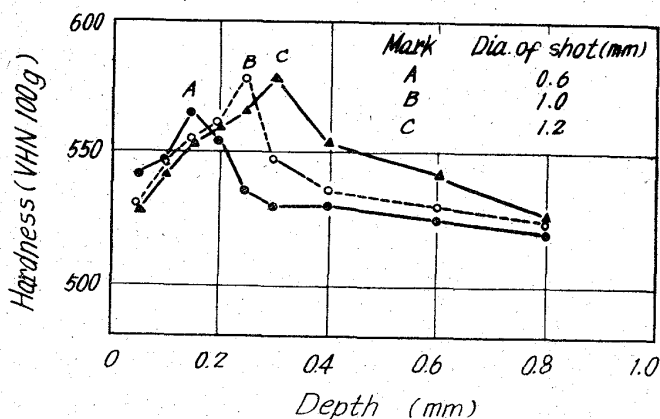


Fig. 5. Effect of the size of shot on hardness.

はピーニング時間 3 min では充分ではなく 100min ではわずかながら減少している。

4. 総括

以上の実験結果を総括すると次のごとくである。

1. 耐疲労性におよぼすショットピーニングの効果は極めて顕著である。
2. ピーニングを行なったものでは表面から約 0.2 mm 附近に硬度のピークがあらわれる。また残留応力曲線においては表面附近に圧縮応力、内部に引張応力が生じ、表面より 0.2mm 位の深さの位置に応力値零のところが生ずる。
3. ショットの形の丸いものほど硬度ピークは大きく、深い。また応力値零の位置も深い。疲労限はショットが丸いほど高いが、空運転時間が 1 hr 以上となつても効果は増さない。
4. ショットの大きさ大なるほど硬度ピークは大きく、また深い。応力値零の位置も深くなる。しかし疲労限に関しては 0.6~0.8mm φ に最適値がある。
5. ピーニング時間が長いと硬度ピークは大かつ深い。応力値零の位置も同様深くなる。疲労限は 10~30min では変らない。

(148) ショットピーニング後の焼鈍、ショットの投射速度などの影響

(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—Ⅱ)

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 Annealing after Shot Peening and Shot Speed etc.

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

Etsujiro Yajima, Masahumi AIBA

Kōichi HURUSAWA and Hiroyuki OGASAWARA.

1. 緒言

前報に引続いて本報告では、ショットの投射速度、材料の硬度、ピーニング後の低温焼鈍、段階処理（粒度の異なるショットを2回に分けてピーニングすること）および混合処理（粒度の異なる2種類のショットを混合してピーニングする）などの影響について報告する。

ピーニング後の低温焼鈍は、現場においてピーニング後自由高さが変化するのを防止するために行なわれることがあるので、その焼鈍温度の影響を調査したのである。また段階処理、混合処理は前報において、粒度の小さなショットは表面に大きな残留応力を生ぜしめ、また、粒度の大きなショットは深くまで残留応力を生ぜしめることが分つたので、この両方の効果を兼ねさせて高い疲労限を与えようと試みたものである。

2. 実験方法と試料

実験方法および試料とも前報と同じである。ショットの投射速度はピーニング機のインペラーの回転数を変えることによつて変化させた。

3. 実験結果

3.1 ショットの投射速度の影響

インペラーの回転速度を 930, 1600, 2200, 2800 r.p.m と変化させ硬度分布、残留応力分布両曲線および S-N 曲線を求めた。Fig. 1, 2 はその結果を示した。硬度ピーク（図は省略）は投射速度大なる程深い位置に生ずる。表面圧縮応力は速度小なる程大きくまた、零応力の位置は速度大なるほど深くなる。ショットのもつ運動エネルギーは速度の2乗に比例するので、速度の影響はかなり大である。

S-N 曲線 (Fig.1) によると疲労限はその投射速度が増すにつれ増加するが、2000 r. p. m を超えてもその効果は余り変らない。必要以上に速度を増せば、ショットの破かい、インペラーなどの磨耗が著しくなるのでこの場合 2000 r. p. m が適当と考えられる。

3.2 材料の硬度の影響

ピーニングされる材料の硬度が低ければ必然的に疲労限も低くなる。したがつて硬度の低い材料にピーニングを行なうことは実用上はあまりないはずである。しかし