

## ピーニング用ショットについて (V)\*

(アークハイト・カバレッジ・表面粗さ・におよぼすショットの影響)

内山道良\*\*・上正原和典\*\*

## ON THE SHOT FOR PEENING (V)

(Effect of Shots on the Archeight, Coverage, and Roughness)

Michira Uchiyama and Kazunori Kamishohara

## Synopsis:

The Society of Automotive Engineers, U.S.A. has recommended some methods of evaluating the quality of shot-peening, most of which are utilized widely in Japan. Accordingly, the measurements of archeight or coverage are commonly practised to control or to assure the effectiveness of peening operations.

It was made clear, however, after study of some aspects of archeight, coverage and surface roughness under various hardness combinations of shots and specimens, that the above-mentioned SAE formulae are not always stable factors for verifying the peening effect and are valid under certain conditions.

Furthermore, the possibility of "reflecting-surface shot-peening" is confirmed, and its practical conditions or applicable ranges are fully explained.

## I. 緒 言

現在各方面で行われているショットピーニングは SAE の方法<sup>1)2)</sup>であり、ピーニング効果の判定にはアークハイトおよびカバレッジが使われているが、今回までに行つたわれわれの試験はこれらがピーニング上安定した要素ではないことを示した。以上アークハイト・カバレッジ・表面粗さ・について、この点を説明する。

## II. 試料および実験法

実験は第 III 報<sup>3)</sup>と同様の方法で行い、別に切放しままのショットによるものを加えたが、その内容は次のごとくである。

試片:—アルメンストリップ A, ならびに SAE 5160 鋼を熱処理してその硬度を Hv 177, 266, 321, 406, 481, 550, 618 および 705 とした寸法 76×18・5×3・05 mm のもの。(第 III 報 Table 1~2)

ショット:—直径 0・8mm の球状または切放しままの円柱状のものを熱処理してその硬度を Hv 162, 251, 303, 381, 487, 584 および 726 としたもの、または両者の種々の割合での混合物。(第 III 報 Table 3)

ピーニング条件:—既報<sup>4)</sup>(第 I 報 Fig. 1) の試験機における回転数 6,000 rpm の下でショット投入 0・1 および 1・0kg.

測定事項:—試片およびショットの熱処理別組合せ 56

種類に対するダイヤルゲージによる反りおよびアークハイトの測定, 17 倍の写真を基としてのカバレッジの測定, およびプロフィログラフによる 50×500 倍の下での表面粗さの測定。

## III. 実験結果

## 1) アークハイト

われわれはすでにアルメンストリップを用いた通常のピーニングにおけるアークハイトについて述べたことがある<sup>5)</sup>が、今回の実験では前記の特殊ストリップについて Fig. 1 の結果をえ、①軟かい試片に対してならば軟かいショットを用いても高目のアークハイトがえられる

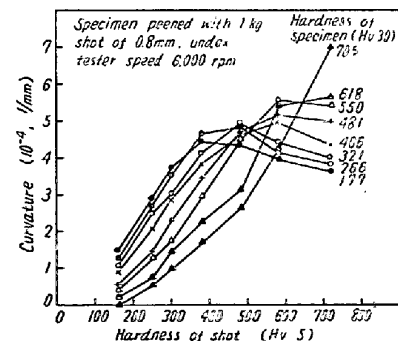


Fig. 1. Effect of shot hardness on the curvature of specimens.

\* 昭和 31 年 10 月本会講演大会において発表

\*\* 三菱鋼材本社製作所研究課

が、硬い試片に対しては硬いショットを使用しないと高いアーケハイトはえられないこと。②ただしアーケハイトを確認するというだけならば、試片より Hv 500 も硬度の低いショットを用いてもよいこと。③任意のピーニング条件での最大アーケハイトは試片とショットの特定の組合せの時にだけえられ、最高点の位置は組合せの数値が大きい程高くなること、等を知りえた。

また Fig. 2 はアルメンストリップを使用して、球状のショット中に含まれる切放しままの円柱状ショットがアーケハイトとどのような関係にあるかを調べたものであつて、円柱状ショットは量の増加とともに次第にアーケハイトを低下させるものであり、その程度は硬質のショット程いちじるしいことを示している。

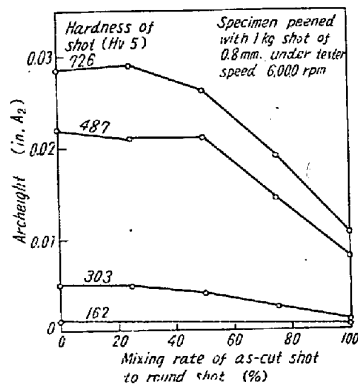


Fig. 2. Relation between round/as-cut shot on the archeight for Almen strip.

2) カバレッジ

反りの測定に用いたストリップのカバレッジを調べた結果は Fig. 3 に示すごとくであり、これによれば①顕微鏡下でカバレッジを正しく認めうるのは試片硬度よりショット硬度が高い場合は勿論 Hv 350 程度低い所までである。②したがつてこれより軟かいショットによるピーニングでえられるカバレッジは被加工物の金属光沢を消す程度の不明瞭なものでしかない。③ショットの衝突量が同一ならばショットは硬い程カバレッジの値は大

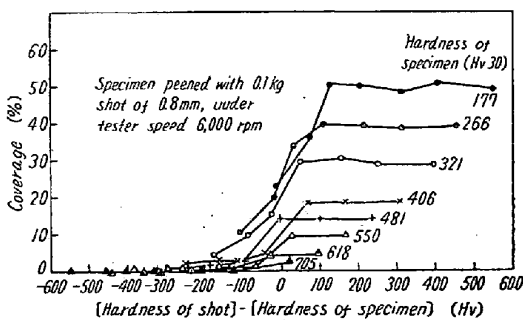


Fig. 3. Effect of shot hardness on the coverage of specimens.

きくなるが、これには限度があり、この限度以上硬いショットを用いてもピーニング条件が同じならカバレッジは変らない。④カバレッジがショットの硬度の影響を受けなくなる点のカバレッジ値は、ショットの硬度から試片の硬度を差引いた値が大きい程、また試片そのものが軟かい程大きい。ということなどがわかる。

つぎに Fig. 4~8 として Fig. 3 の中に含まれる主な点のカバレッジを例示するが、ここで Fig. 4 は硬い試片に非常に軟かいショットが投射されたため明瞭なカバレッジは認められず、僅かに衝突痕らしいものが現れたもの、Fig. 5 は試片もショットも高硬度でショットの硬度がさらにまさつている時の明瞭なカバレッジ、Fig. 6 は非常に軟かい試片に相当硬いショットが投射された時の普通に見られるカバレッジ、Fig. 7 は試片も

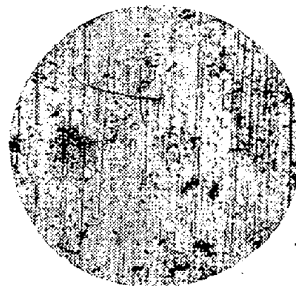


Fig. 4. Specimen Hv 705; Shot Hv 162; Coverage 0%; Roughness less than 1 $\mu$

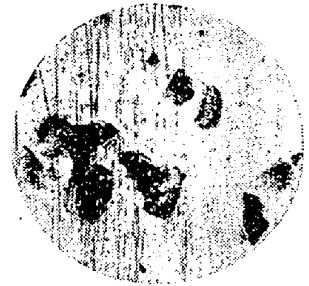


Fig. 5. Specimen Hv 618; Shot Hv 726; Coverage 5%; Roughness 8 $\mu$ , round notch

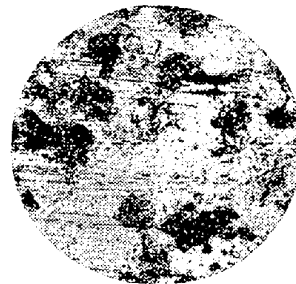


Fig. 6. Specimen Hv 177; Shot Hv 584; Coverage 50%; Roughness 41 $\mu$ , round noth

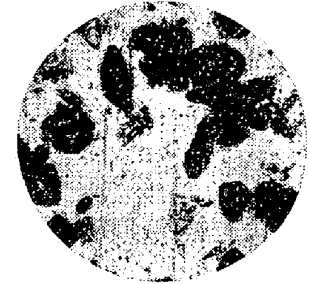


Fig. 7. Specimen Hv 266; Shot Hv 251; Coverage 20%; Roughness 6 $\mu$ , rcund notch



Fig. 8. Specimen Hv 458, Almen test strip; Shot Hv 726, as-cut; Coverage 20% Roughness 45 $\mu$ , sharpe nothch

シヨットも低硬度でシヨットの硬度がさらに劣っているため多くの衝突痕らしいものを含むカバレッジ、Fig. 8はアルメンストリップを使用して、切放したままの円柱状シヨットが与える楕円凹痕によるカバレッジである。

3) 表面粗さ

実験の結果は Fig. 9 に示すごとくであり、粗さの状況は Fig. 3 と似ている。しかし表面粗さの現れる点はカバレッジの観察される点よりかなりずれた位置となりカバレッジが目視されても粗さの測定ができない範囲はかなり広い。(Fig. 4 参照)

IV. SAE 法の検討

第 I ~ V 報の実験結果を総合し、残留応力と、アークハイト・カバレッジ・表面粗さ・ピーニング層の深さ・の関係性を調べると Fig. 10 がえられ、残留応力と相関性のあるのは反りだけとなつて、これまで考えられて来たようにピーニング効果の原因中、表面状況の変化<sup>10)</sup>や

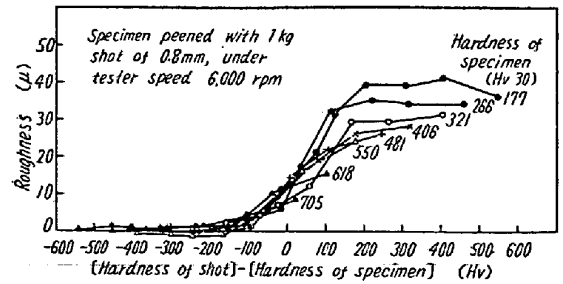


Fig. 9. Effect of shot hardness on the roughness of specimens.

加工硬化<sup>10)</sup>は二次的なものでその主体は圧縮残留応力<sup>10)~13)</sup>であると見做せば、アークハイト以外のカバレッジ・表面粗さ・ピーニング層の深さなどは直接ピーニングの状況を測る尺度とはなりえないことになる。そして Fig. 11 のごとく切放したままのシヨットは被加工物の疲労強度を低下させるにもかかわらずかなりの反りを示すなどは、ピーニング効果と関係のあるアークハイ

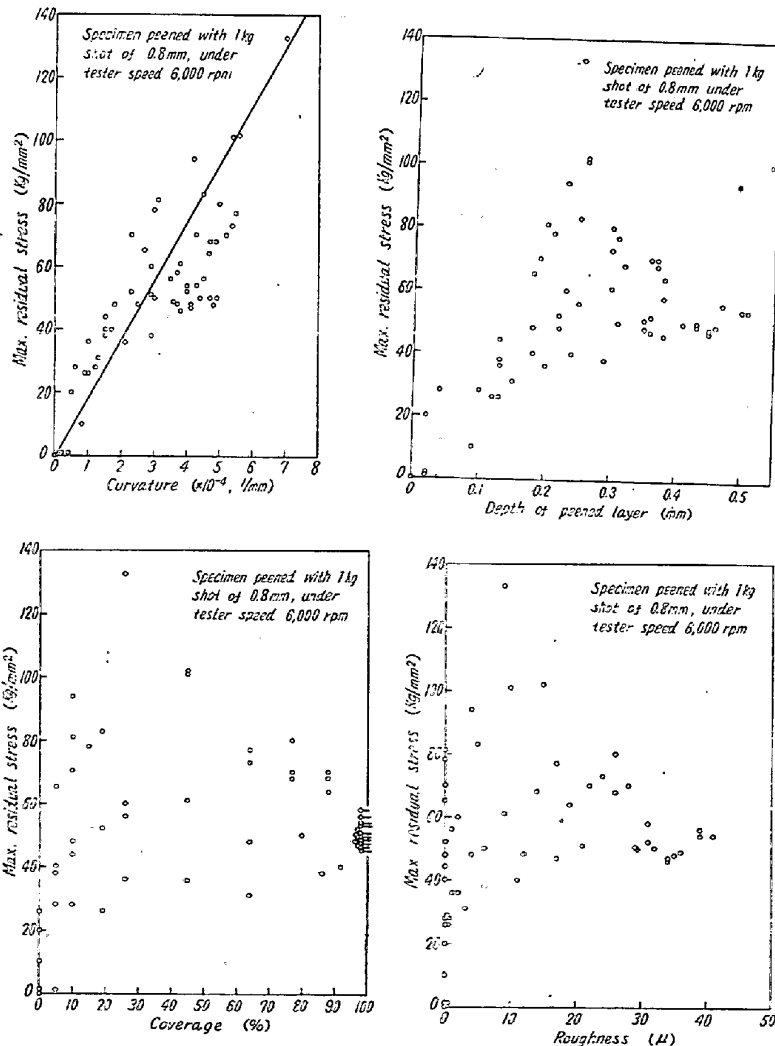


Fig. 10. Relation between max. residual stress and curvature, depth of peened layer, coverage, and roughness.

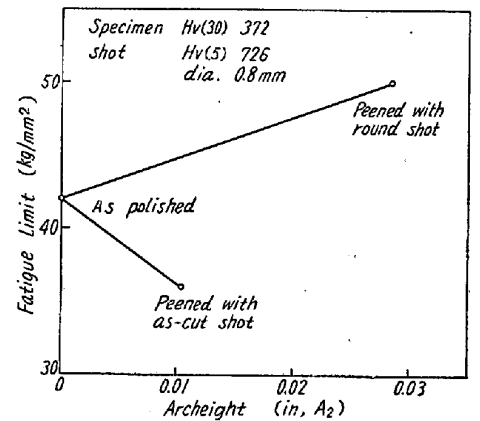


Fig. 11. Effect of shape of shot on the reversed bending fatigue strength.

トさえも否定しているのである。

現在広く行われているアークハイトおよびカバレッジを根拠とするピーニング効果判定法に多くの不備があることは以上によつても明らかであるが、Zimmerli<sup>14)</sup>、Lipson<sup>15)</sup>、Straub<sup>16)</sup>等はそれぞれ別の角度からこの点の不備を突いている。そして筆者らの実験結果は、球状のシヨットを用いることを前提とすれば、アークハイトが一定であることは、そのピーニング操作が定常の状態に置かれていることを示すに止まる、という Zimmerli の言葉<sup>14)</sup>を裏付けることとなつた。

つぎに今回の実験の各測定値を試片硬度とシヨット硬度との関係で求めると、

- 試片の表面に粗れが生ずる限界点
- 試片のカバレッジが目視できる限界点
- 試片の残留応力が測定できる限界点
- 試片のアーケハイトが測定できる限界点
- 試片の加工深さが測定できる限界点

|                        |         |
|------------------------|---------|
| [試片硬度]—[ショット硬度]=Hv 150 |         |
| 〃                      | =Hv 350 |
| 〃                      | =Hv 500 |
| 〃                      | =Hv 500 |
| 〃                      | =Hv 500 |

となつて Fig. 12 をうるることができる。

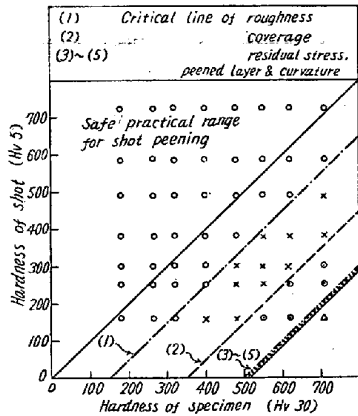


Fig. 12. Industrial hardness of shots for specimens.

そしてこの場合、ショットは球状なのが建前であるという前提を設ければ、現在のピーニング効果判定法ではショットは被加工物と同等以上の硬度をもてばよいということになるが<sup>3)</sup>、一方被加工物より Hv 150 以上の軟かいショットを使用することは「滑面ピーニング (Reflecting surface shot peening)」を行う手段であるということにもなる。

### V. 総 括

本報においては、大きさが一定で硬さの異なるショットを使用し、その投射量を同一にしたピーニング下でのアーケハイト・カバレッジ・表面粗さ・とショットとの関係を種々の硬さの被加工物間の相互関係において論じた上、既報の実験結果をも考慮して、現行のピーニング効果判定法はある特定の条件の下でだけ合理的なことを指摘した。また凹凸を伴わないショットピーニング (re-

flecting-surface shot-peening) の存在を明確にしさらにその条件と範囲とを決定した。(昭和31年12月寄稿)

### 文 献

- 1) SAE: SAE Handbook (1955) 206~212
- 2) SAE: SAE Manual on Shot Peening
- 3) 内山道良, 上正原和典: 鉄と鋼, 42 (昭31) 569
- 4) 内山道良, 上正原和典: 鉄と鋼, 41 (昭30) 857
- 5) 内山道良, 上正原和典: 鉄と鋼, 41 (昭30) 1093
- 6) American Wheelabrator and Equipment Corp: Shot Peening (1947)
- 7) A. K. Mohamed, A.G.H. Coombs: Iron and Steel Inst. J. 175 (1953) 5
- 8) J. A. Pope, A. K. Mohamed: Iron and Steel Inst. J. 180 (1955) 285
- 9) R. L. Mattson, W. S. Coleman: SAE Transactions, 62 (1954) 546
- 10) R. L. Mattson: SAE Transactions, 62 (1954) 416
- 11) ASM Committee on Shot Peening: Metal Progress, 66 (1954) 104
- 12) J. C. Straub, D. May: The Iron Age. 163 (1949) 15, 16
- 13) J. O. Almen: Product Engineering, 21 (1950) 11, 117
- 14) F. P. Zimmerli: Metal Progress: 61 (1952) 6, 97
- 15) C. Lipson: Steel, 127 (1951) Aug. 6, 72
- 16) F.P. Zimmerli, J. C. Straub: SAE J. (1948) Nov. 36