

ピーニング用ショットに就て(II)*

内山道良**・上正原 和 典**

ON THE SHOT FOR PEENING (II)

Michira Uchiyama and Kazunori Kamishohara

Synopsis:

This paper treats the result of studying the effect of shot size, hardness and speed on the coverage, peening intensity or surface roughness of the work. Results obtained are as follows:

- 1) The size of indentation marked on the surface increases as the wheel speed goes up and is practically proportional to the shot diameter.
- 2) Peening intensity increases as the shot size, velocity, or hardness increases.
- 3) Surface roughness increases as the shot size, speed, or hardness increases. When the surface has the initial roughness, this may, in some case, be lowered by peening.
- 4) Intensity by soft, heat-treated steel or iron shot is high enough and does not roughen the surface of work to be peened.
- 5) Broken shot lowers the peening intensity but does not affect the roughness.

I. 緒 言

先に第1報においては各種鉄鋼ショット、非鉄ショットの寿命の測定、並びにその比較検討を行つたのであるが、本報はその際の寿命決定の基礎になつているカバレッジ、ピーニング強度がショットの大きさ、衝突速度、硬度等によつてどのような影響を受けるか、また表面アラサについてはどうかについて行つた実験結果の報告である。

II. 試料及び試験機

試料ショット並びに試験機は第1報¹⁾に述べた通りであるが、ピーニング強度および表面アラサ測定用には慣例に従い²⁾試料として硬度 Rc 44~50 のアルメンストリップA³⁾および硬度約 Hv 400 の鋼製試片を使用した。

III. 測定結果

1. カバレッジ

カバレッジとは凹痕が穿たれた面積の全体に対する割合であつて、ピーニングが完全か否かの判定を行う要素の一つであるが³⁾、これを精密に測るにはアルメンストリップの片面を充分研磨した後ピーニングし、これを顕微鏡で約 50 倍に拡大してプラニメーターで凹痕の総面積を測定するのが建前となつて³⁾いる。

さてカバレッジは一般にショット投射流中への露出時間、いい換えると材料の表面に衝突したショットの総数

によつて影響を受けるがこれについては次式が成立する。

$$ds = \sigma dt (A - S) / A$$

ここで A: ピーニング処理を行うとする面積,
S: 既に凹痕により覆われている面積,
 σ : 単位時間に凹痕により覆われる面積,
dt: 微小時間,
ds: σdt の内 S と重複しない面積

上式を積分し、 $S/A = C$, $\sigma t/A = T$ とすれば

$$C = 1 - \exp\{-T\}$$

が得られる。Fig. 1 のグラフはこれを示すものであるがここで $C = 0.98$ は実測可能な限界でフルカバレッジとも称され、ピーニング処理の一つの基準ともなつて³⁾いる。Fig. 1 を利用すれば途中で最低1回カバレッジを実測して所定のカバレッジを得るに必要な量、或いは時間を推定することができる。

またカバレッジは個々の凹痕の大きさによつても影響を受けるものであるが、これがショットの直径、衝突速度といかなる関係にあるかを調べるためショット破壊試験機にアルメンストリップを装入して鑄鉄ショット CI 8 CL 10 および 鑄鋼ショット CS 5 でピーニングした後これに穿たれた凹痕の直径を各 10 点づつ測定した。これを Fig. 2 に示す。これによると凹痕の直径はショットの直径にはほぼ比例するがピーニング機の毎分のシ

* 昭和 29 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

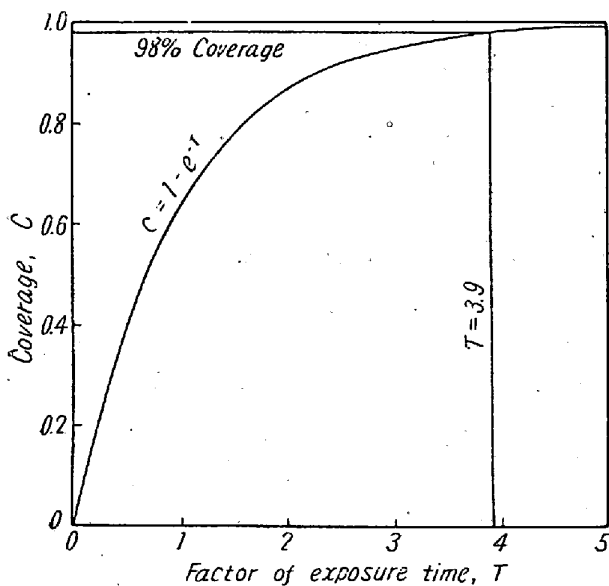


Fig. 1. Relationship of coverage to exposure time.

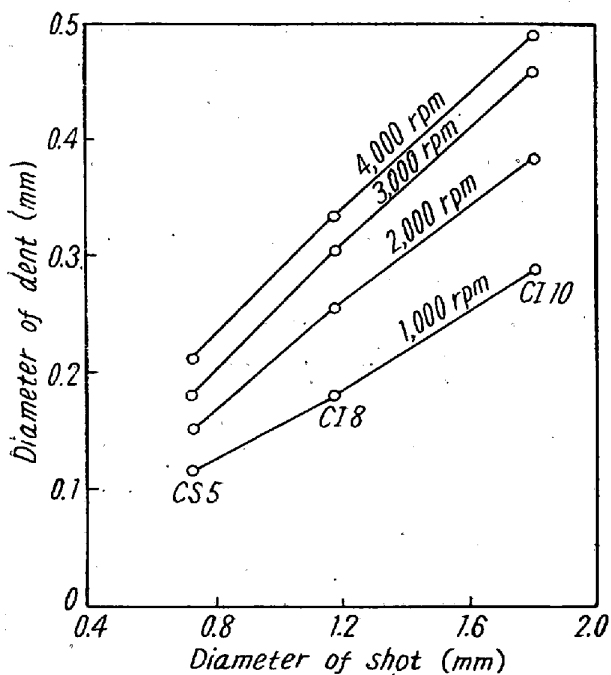


Fig. 2. Relation between shot diameter and dent size.

ット処理量が大体一定であるとすれば小さいショットを使用する場合数が多いので早くフルカバーに達することになる。また高い回転数の下では個々の凹痕は大きくなるからフルカバーに要するショット量は少なくて済む。以上のことからショットの直径、衝突速度が異なるとフルカバーに要するショット量も当然異なってくるのがわかるが、また逆にこれらについての基礎データがえられれば所要のショット量も推定できる。

しかしながらカバレッジの実測はショットの硬度がある程度以上高く、粒度も比較的揃っており、また破損ショットが混入していない場合に限られる。例えば鑄鉄ショットを軟化焼鈍して Hv 365 にしたものは、これでピーニングを行うと輪廊の明瞭な凹痕はつかないにも拘らずピーニング強度は 0.031 in A₂ というような高い値を示しており充分実用に供しうるものである。また粒度が不揃の場合、種々の大きさ、深さの凹痕がつき、これを標準にしてカバレッジを決定したら妥当かの判定はつき難い。更に破損ショットが混入している場合は丸いショットによる凹痕が破片による小さな浅い凹痕に覆われ、カバレッジの測定は困難である。従つて後の軟化ショット、破損ショットを使用したピーニング強度、表面アラサの実験では便宜上これを硬質乃至は完全なものからなるとし、これらでフルカバーになるに要する量のショットでピーニングした後各測定を行った。

2. ピーニング強度

ピーニング強度はショット投射流の強さを表わすもので、通常状態、即ちショットの衝突速度、直径、硬度、その他に変動がなければ一定の値を有するものである。この強度はアルメンストリップにある時間ピーニングを行い、その際のアルメンストリップの反りをアルメンゲージで測つて決めるのが普通である^{2)~4)}。従つてピーニング強度はショットの投射量とアルメンストリップの反り、即ちアークハイトの関係を表わす曲線上の一点を以

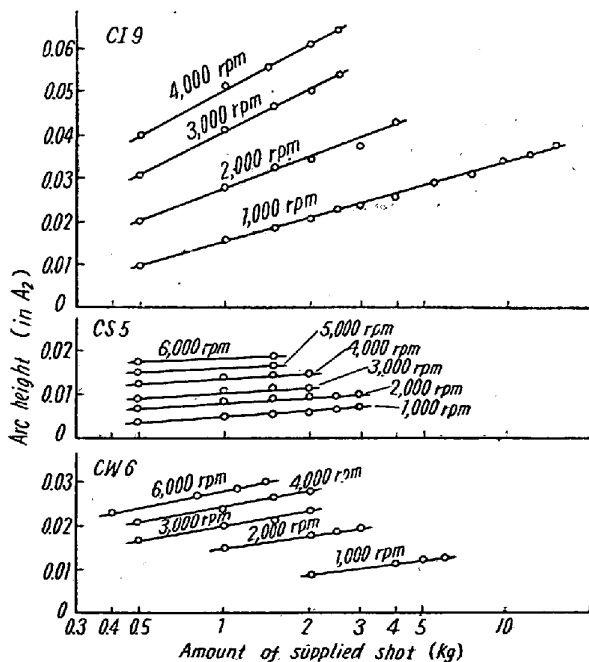


Fig. 3. Change of archeight by the amount of shot supplied.

つて表わされることになる。Fig. 3 は試験機にアルメンストリップAを装入してピーニングしたときの投入ショット量を対数目盛で横軸に、またアークハイトを縦軸にとつたものである。但しアルメンストリップAの適用限度は $0.024 \text{ in } A_2$ まででこれ以上の強度はアルメンストリップCを使用するのが妥当とされているが⁴⁾、ここでは便宜上Aのみで測定を行つた。SAE Handbook⁵⁾によるとピーニング強度の決定法を二通り挙げており、その一つは横軸を普通目盛にとつた場合曲線は始めは急激に上昇し、やがてフラットになるがこのフラットに入る肩のところの値をとる。もう一つの方法はカバレッジを基礎にした方法であり、本実験では専ら後者、即ち、98%カバレッジのアークハイトを以つてその際のピーニング強度とする方法によつた。

次に種々のショットをホイールの回転数 1,000~6000 r. p. m. の下で試験機に投入した際のピーニング強度を Fig. 4 に示す。これによると初めは急上昇するが次第に緩やかになる。純鉄ショット Fe 17 および Fe 18 は 6,000 r.p.m. においても極めて低く $0.0015 \sim 0.0025 \text{ in } A_2$ 程度であり、また非鉄ショットはアルメンストリップAでは殆んど現われてこない。

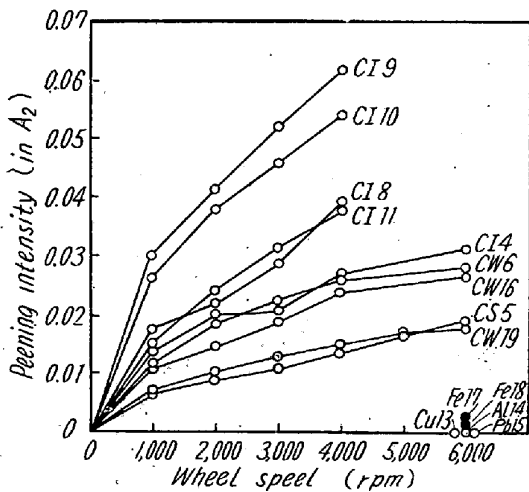


Fig. 4. Peening intensity of shots under various wheel speed.

ショットの硬度も極めて重要な要素であつて、第1報¹⁾に述べた方法で軟化焼鈍を行つて硬度を下げるとピーニング強度は Fig. 5 に示す如く低くなるが、同一硬度を有する種々ショットを比較すると一般に径の大きい方がピーニング強度も高く出すことができる。

3. 表面アラサ

ピーニング処理を行うとショットの衝突のため材料の表面は降伏を生じ凹痕がつくが、この凹痕の形状、いい

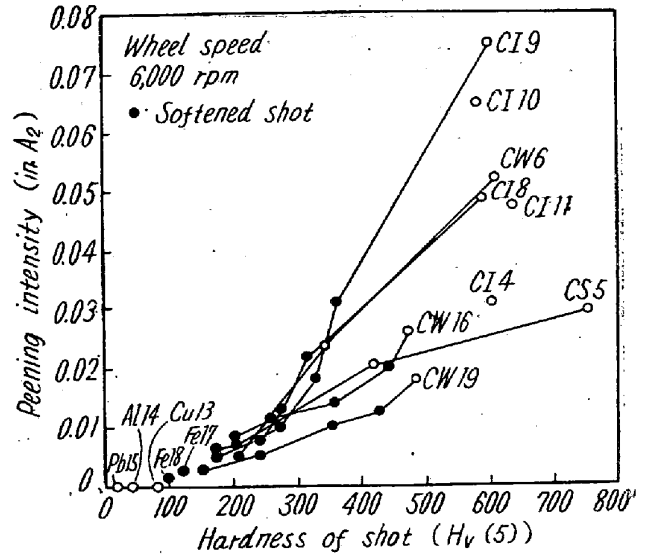


Fig. 5. Influence of shot hardness on the peening intensity.

換えると表面の荒れの状況がホイールの回転数、ショットの硬度、その他によつてどのように影響されるかを触針式粗度計を使用し、 500×50 の倍率でプロファイルグラフをとり調査を行つた。

Fig. 6 はアルメンストリップに各種ショットをホイールの回転数 1,000~6,000r.p.m. で投射した際の表面アラサの変化を JIS B 0601 に従つて示したものである。また Fig. 7 は硬度との関係を示すものであつて、表面アラサは $H_v 400$ 以上になると急に大きくなるが

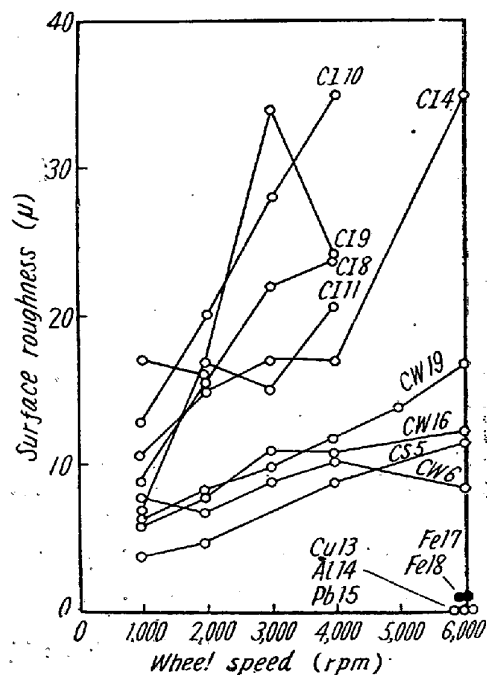


Fig. 6. Influence of wheel speed on the surface roughness.

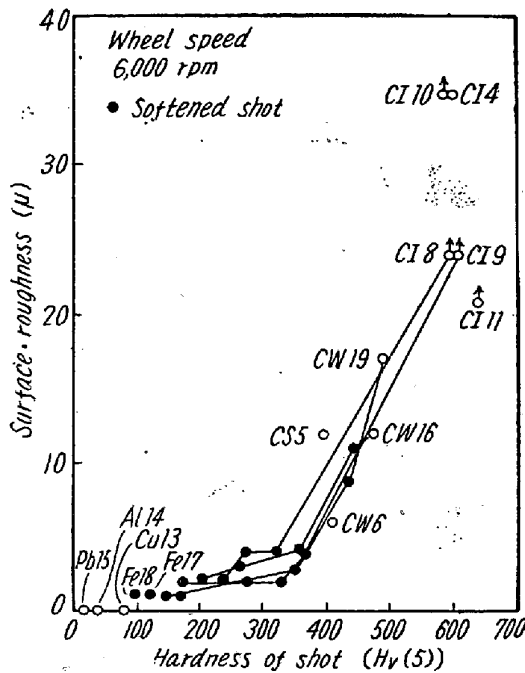


Fig. 7. Influence of shot hardness on the surface roughness.

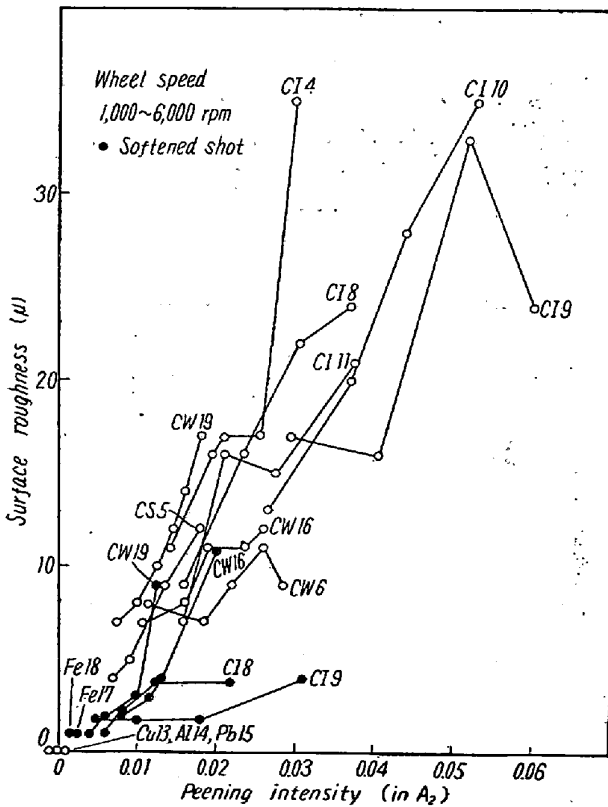


Fig. 8. Relation between peening intensity and surface roughness.

軟化ショットおよび非鉄ショットは大部分 4μ 以下という低い値を示している。

次に Fig. 8 にピーニング強度と表面アラサの関係を

示すが、同じショットを使用する場合ピーニング強度を高く出そうとすれば表面アラサは一般にこれに応じて大きくなる。しかしながら大きさ、硬度が異ると铸铁ショット CI 8、或いは CI 9 の如くピーニング強度の割には表面アラサの低いものや、また CI 4 のように逆に高いものも出てくる。

以上はいずれも表面アラサ 1μ 以下のアルメンストリップについて行つたのであるが、表面が初めから荒れている場合はどのようなことになるかについて調べるため II に述べた硬度 Hv 400 前後の試片に铸铁ショット CI 9、铸鋼ショット CS 5 およびカットワイヤーショット CW 6 を回転数 1,000~6,000 の下で投射して Fig. 9 を得

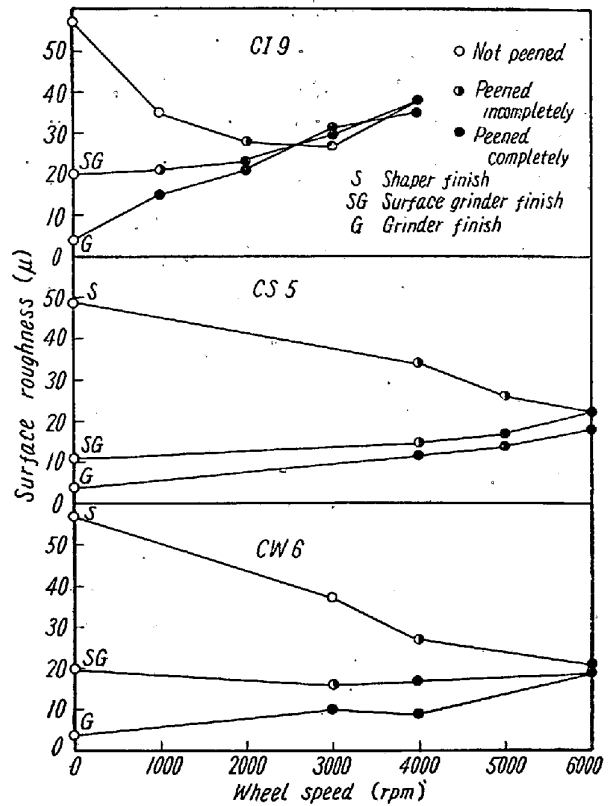


Fig. 9. Influence of wheel speed on the initial surface roughness.

た。これらを見るとグラインダー仕上げを行つた試片の表面アラサは回転数と共に上昇するがシェーパー仕上げによるものは一旦下向した後に上昇し始める。従つて例えば CI 9 であると 3,000 r. p. m. あるいはそれ以上の回転数の下でピーニング処理を行おうとする場合、初めの仕上げはシェーパー、サーフェース、或いはグラインダー仕上げのいずれであつても表面アラサの点からはほぼ同じ結果がえられることになる。铸鋼およびカットワイヤーショットを用いた場合シェーパー仕上げのものは 6,000 r. p. m. 位までは表面アラサが下り、ここに到つて

ピーニングは完全にかかっている。

5. 破損ショット

これまでは総て破損ショットを取除き完全なショットのみを使用した場合について実験を行つたのであるが、破損ショットが混入するとピーニング強度、或いは表面アラサはどのように変化するかを鑄鉄ショットおよび鑄鋼ショットについて調べた。即ち CI 11¹ をショット破壊試験機に 4,000r.p.m. の下で繰返し投入していくとショットは破損し、完全なものは次第に少なくなつて遂には全部が破片になつてしまうが、この各段階においてアルメンストリップを挿入し、その際のピーニング強度と表面アラサを測定したがこれを Fig. 10 に示す。これによるとピーニング強度は完全なショットの量が少なくなつて減少の一途を辿り破損ショットの混入率 100%、即ち完全なショットが 1 粒も残らなくなつたときの強度は元の約 1/2 を示している。

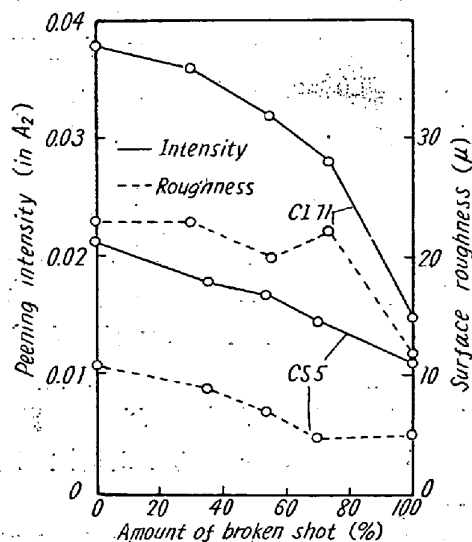


Fig. 10. Effect of broken shot on the peening intensity and surface roughness.

表面アラサをみると 70% 位までは大きな変化は認めら

れないがこれは破損ショットが小さいためその鋭い角の影響は現われず、表面アラサは最も大きいショット、即ち破損していないショットによつてのみ決るためである。破損ショットの混入率が 100% になるとこれも同じく元の約 1/2 の値を示す。CS 5 の場合の回転数は 6,000 r.p.m. であるがこれも大体同じ傾向を示している。

IV. 総 括

以上カバレッジ、ピーニング強度および表面アラサについて行つた実験結果を要約すると、

1) ピーニング機における毎分のショット処理量がショットの大小によらず一定であるとすれば、径の小さいショットを高い回転数の下で投射した方が所定のカバレッジを速かに得ることができる。

2) ピーニング強度はショットの径、衝突速度、硬度と共に増大する。

3) 表面アラサはショット硬度、衝突速度の増加と共に上昇する。但し初めのアラサが甚しい場合は一旦下つた後に上昇する。

4) 破損ショットの混入はピーニング強度を低下させるがこのため表面が荒れるようなことはない。

終りに臨み実験に対して研究費の一部を補助された通産省当局に対し深甚なる謝意を表明する。

(昭和 30 年 3 月寄稿)

文 献

- 1) 内山道良・上正原和典: 鉄と鋼, **41**(1955) No. 8, 857.
- 2) American Wheelabrator & Equipment Corp.: Shot Peening (1951) 31.
- 3) SAE Handbook (1954) 198.
- 4) SAE Manual on Shot Peening, 37.
- 5) ASM Committee on Shot Peening: Metal Progress, **66** (1954) No. 1, 104.