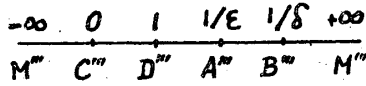
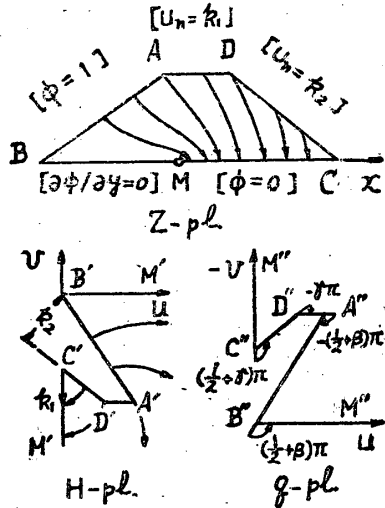


前例と同様、 $b=0.944 H$ について得た速度分布の計算結果を第6圖に示す。

(b) 基礎面が不透過面 BM と無限によく透る等ポテンシャル面 MC から成る場合は、 $BM=m$ とすると



第7圖

$$z = z_0 + A \int A ds$$

$$A = \epsilon^{-1+\tau} (1-\epsilon)^{-\tau} (1-\epsilon\zeta)^{-\tau} (1-\delta\zeta)^{-1+\beta}$$

$$q = q_0 + C \int Q ds$$

$$Q = \epsilon^{-1/2-\tau} (1-\epsilon)^{\tau} (1-\epsilon\zeta)^{1/2+\beta} (1-\delta\zeta)^{-1/2-\beta}$$

常数とパラメーター、 $A, C, \epsilon, \delta, k_2/k_1$ は

$$z_D - z_C = H \operatorname{cosec} \tau \pi \cdot \exp i(1-\tau)\pi$$

$$z_A - z_D = -b + i, \quad z_M - z_B = m$$

$$q_D - q_C = (k_1 - k_2 \sec \tau \pi) \operatorname{cosec} \tau \pi \cdot \exp i \tau \pi$$

$$q_B - q_A = k_1 \sec \beta \pi \cdot \exp i(-1/2-\beta)\pi$$

からすべて定積分の計算によつて求められる。数式の細部は容易に求められるからここに記すことは省略する。又三角形断面の場合や基礎面が $\phi=0$ の場合も特殊な例として容易に計算できる。

むすび

理想化された滲入面を有する多角形断面（特に梯形断面）の堤の滲透流について厳密な解を求めてみた。滲入面の条件に従う事例はかなり多いと考えられるので、更に一層重要な場合について計算を試みている。

終りにこの研究は昭和 25 年度文部省科學研究費の助成を得て行われたものであることを附記する。

文 獻

- 1) 高木俊介：應用物理, 17 (1948), 241.
- 2) 内田茂男：理工學研究所報告, 4 (1950), 39, 92.
- 3) B. Davison: Mem. l'Inst. Hydr. 6 (1932), 121; Phil. Mag. 21 (1936), 881, 904.
- 4) G. Hamel: Z. A. M. M. 14 (1934), 129.
- 5) V. V. Wedernikow: Z. A. M. M. 17 (1937), 155.

小荷重によるビッカース硬度に就て

福井伸二・工藤英明・清野次郎

On the Vicker's Hardness Number under Light Testing Load

by Shinji Fukui, Hideaki Kubo and Jiro Seino

ABSTRACT : The influence of surface finishing process of specimen upon the Vicker's hardness number, measured under light testing load down to 1 kg. was studied by Aluminium, Duralumin, Copper, Brass, Mild Steel and 13% Cr. Steel. The hardness of electro-polished surface was independent of testing load used, but slight hardening was observed on the surfaces finished by fine Emery paper, or buffing. More evident hardening was revealed

on machined surface. Moreover, the relation between hardness number and testing load was examined when the shape of diamond pyramid was roof type. In this case, the apparent hardness number decreased with lighter load.

(1950年12月26日受理)

1. 緒言

薄い板、或は材料の局部的な部分のヴィッカース硬度を求めるには、壓痕が出来るだけ小さくなくてはならず、その爲には小さな荷重を用いなくてはならぬ。ヴィッカース硬度は、ブリネル硬度と違って、材料表面にダイヤモンドの四角錐を押し込んで測定するものであるから、相似の法則からいつて、一つの材料の硬度数は試験荷重の如何に拘らず、一定となる可きである。所が実際に測定してみると、一つの材料で、試験荷重が或る程度以上大きいと、一定の硬度数が得られるが、荷重が小さいと違つた値を示す場合が多い。

例えば、菊地氏⁽¹⁾によれば、15種の材料に就いて、荷重が小さくなると、硬度が小さく出ている。吉澤氏⁽²⁾は、この原因として、荷重速度が早くて、衝撃の影響が入つてくることをあげ、ゆつくり荷重を加える時は、硬度は0.25kg位の小荷重の場合迄荷重に無關係に一定となることを見出した。

しかしこの場合に、材料によつて小荷重の所で、硬度数が高く出る例がいくつか見られる。著者等も、試料表面を薬品で腐蝕し、凸凹が出来たのを、エメリー紙0000で軽く磨いたものに就て、荷重が静かにかかるようにして硬度を測定した所、4:6黄銅、軟鋼、デュラルミン等全て試験荷重3kg以下では硬度値が高く出た。これ等の事は材料の硬度を一義的に決めることを不可能にする。そこで著者等は荷重に無關係である可きヴィッカース硬度値が、衝撃の影響を除いた場合、何故に小荷重で高くなるかに就て種々その原因を調べた結果、それが表面仕上の際の硬化にある點を突き止め、電解研磨⁽³⁾によつて仕上を行えば、色々な材料について1kgの荷重迄は、荷重に無關係の硬度値、即ち材料の眞のヴィッカース硬度値が得られる事を見出したので、それを報告する。尙1kg以下は試験機の都合でやらなかつた。

2. 小荷重で硬度の上る諸原因

小荷重で何故硬度が上るかに就て著者等は次の如き可能な原因を考えた。

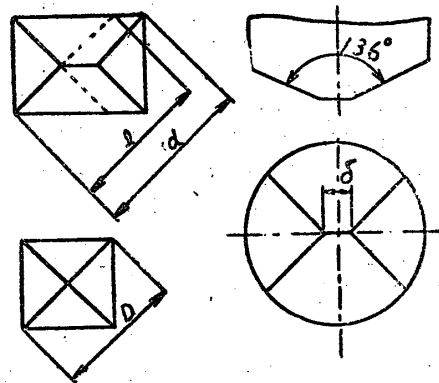
1. ダイヤモンド角錐の形状が正しくなく、荷重の大小によつて相似關係が成立たぬ場合。
2. 試料表面を作る際の機械加工による硬化層が取

りきれずに残つている場合。

3. 表面を滑らかにするために最後に行うエメリー紙又はバフ仕上による硬化がある場合。
 4. 材料の焼鈍を行う際、表面層が變化し、その状態が試料表面に残つている場合。
 5. 壓痕の大きさが、結晶粒と同じ位になる場合。
- 之等の内4に就ては、黄銅が焼鈍されれば、むしろ脱亜鉛によつて、⁽⁴⁾表面が軟化することを考えれば、餘り問題になり得ない。又壓痕が結晶粒と同じ位の大きさだとすれば、硬度値は非常にばらつくか、或は小さく出る事を考えれば、5も重要な原因ではなさそうなので、初めの三つについて系統的に調べてみることにした。

3. ダイヤモンド角錐の不正確

著者等の試験に用いたダイヤモンド角錐の先端をよくみると、屋根型になつている(第1圖参照)。



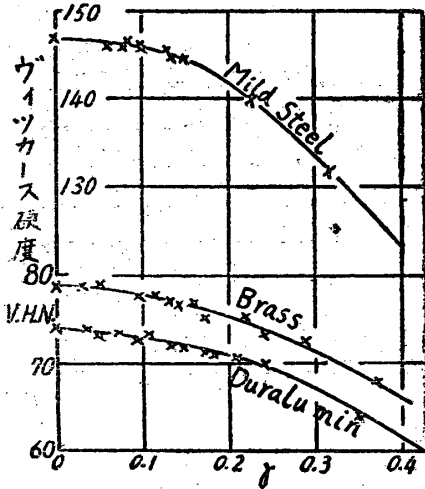
第1圖 ダイヤモンド先端の屋根型及び壓痕

そして稜の長さは約0.005mmである。又別の機械に附いていた角錐では、稜の長さがこれよりもつと長かつた。所がこれ等の角錐の傾角は、機械についている検査表によれば十分正しい。實際に角錐を製作する場合を考えてみても、角錐の傾角、面と面との間の角は正しく作れるが、先端を線でなく、點にすることは非常にむずかしいことが豫想される。かかる屋根型の場合、試験荷重が違つて、壓痕の大きい時と、小さい時とはその形状は相似ではなくなる。そこで著者等は先ず、ダイヤモンド先端が屋根型である際、硬度値はどの様に變化するかを調べた。それには屋根型ボンチ數種を工具鋼にて作り、市販のデュラルミン、軟鋼、

4:6 黄銅の板の表面を押し、荷重を種々變えることにより、壓痕の對角線 d 對屋根の稜の長さ δ (第1圖参照) の比即ち、 $r=\delta/d$ が0から0.4位の間の色々な壓痕を作つた。硬度値としては、普通のビッカース硬度値と同じく、壓痕の2つの對角線を測定し、その平均を d とすれば、

$$h = 1.8544 \times p/d^2 \dots\dots\dots (1)$$

を算出し、 δ/d に関してプロットしたのが第2圖である。之を見ると r が大きくなると、硬度値として小さ



第2圖 r とビッカース硬度

く出てくる。即ちある屋根型角錐の場合、小荷重を用いる程硬度値は下つてくる筈で、屋根型ということは小荷重で硬度の高くなる原因ではないことになる。なお念の爲に近似理論を用いて、この實驗結果をチェックしてみた。この場合色々な假定が考えられるが、普通よく用いられるものとして、壓痕の單位投影面積當りの押込壓力は、壓痕の大きさに無関係で、一定であると考えてやつてみた。(6) 即ち稜の長さ δ の屋根型角錐を、 p なる荷重で押込んだ際の、壓痕の測定面への投影面積を a とすれば、單位投影面積當りの壓力は、第1圖と第1式を用いて、

$$\begin{aligned} \frac{p}{a} &= \frac{p}{l/\sqrt{2}(l/\sqrt{2} + \delta)} = 1.8544 \\ &\times \frac{d^2}{l^2 + \sqrt{2}\delta l} \times \left(1.8544 \frac{p}{d^2}\right) \\ &= 1.078 \times \frac{h}{0.5(\sqrt{2-r^2-r^2}) + r(\sqrt{2-r^2-r^2})} \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

茲に $r=\delta/d$

次に正しい角錐を用いて押込を行つた場合、荷重 P 壓痕の2つの對角線平均長さを D 、投影面積を A とすれば、單位投影面積當りの壓力は前と同様に

$$\frac{P}{A} = \frac{2P}{D^2} = \frac{2}{1.8544} \times 1.8544 \frac{P}{D^2} = 1.078 \times \frac{P}{D^2} = H \dots (3)$$

茲で、 H は h の $\delta=0$ の場合の値で、正しい角錐で測定せる正しい硬度値を示す。

最初の假定により、 $p/a=P/A$ とすれば

$$h/H = 0.5(\sqrt{2-r^2-r^2}) + r(\sqrt{2-r^2-r^2}) \dots (4)$$

で、 r と h/H の關係は第1表の如くである。

第1表 r と h/H の關係

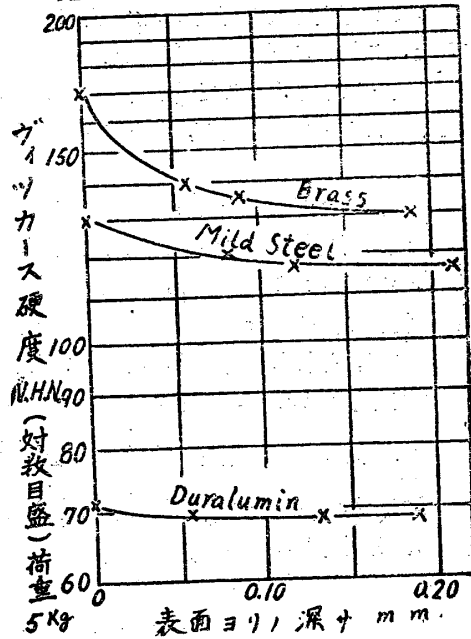
r	0	0.05	0.10	0.15	0.20
h/H	1.00	0.998	0.989	0.978	0.960
r	0.25	0.30	0.35	0.40	0.50
h/H	0.937	0.910	0.877	0.840	0.749

先に求めた實驗結果から、 $\delta=0$ の場合の h 、即ち H を用い、第1表から各 r の値に對する h を計算したものが第2圖中の曲線に示されて居り、實驗値との一致は極めて良好である。

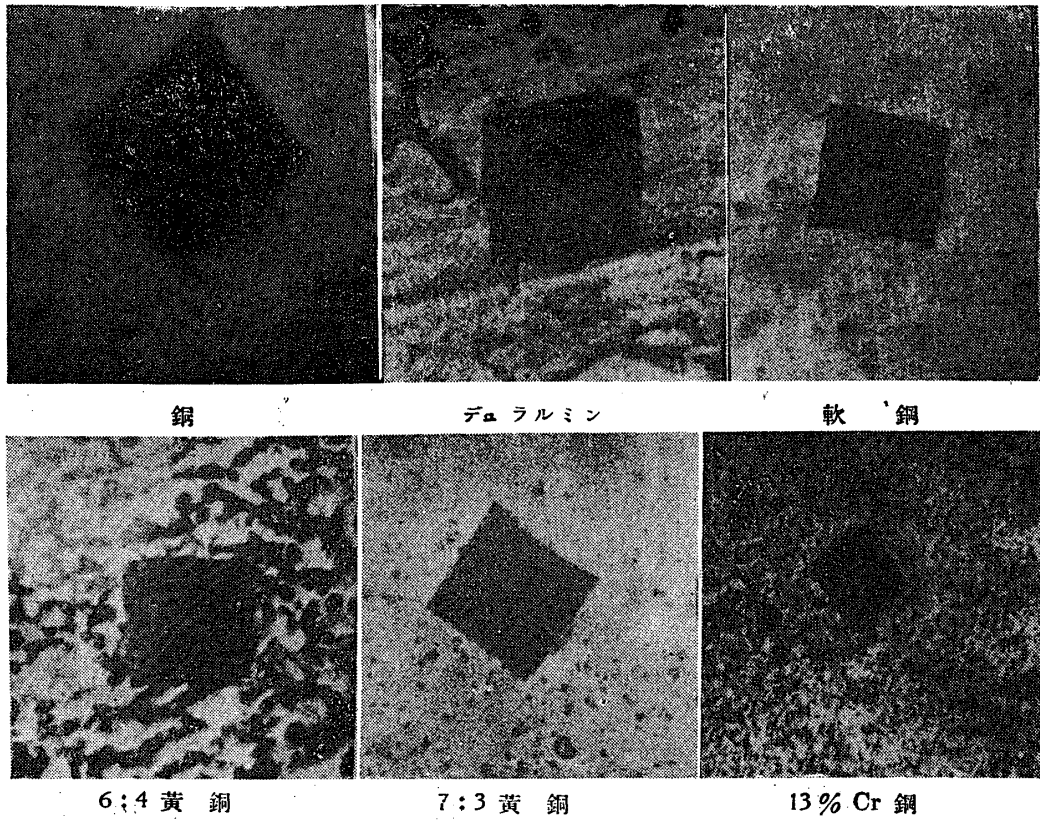
この他に、角錐による材料の單位排除體積當りの仕事量は、材料により一定であるという考えも可能であるが、この假定で計算した結果は實驗と相當ずれるので説明は略する。

4. 機械仕上による硬化

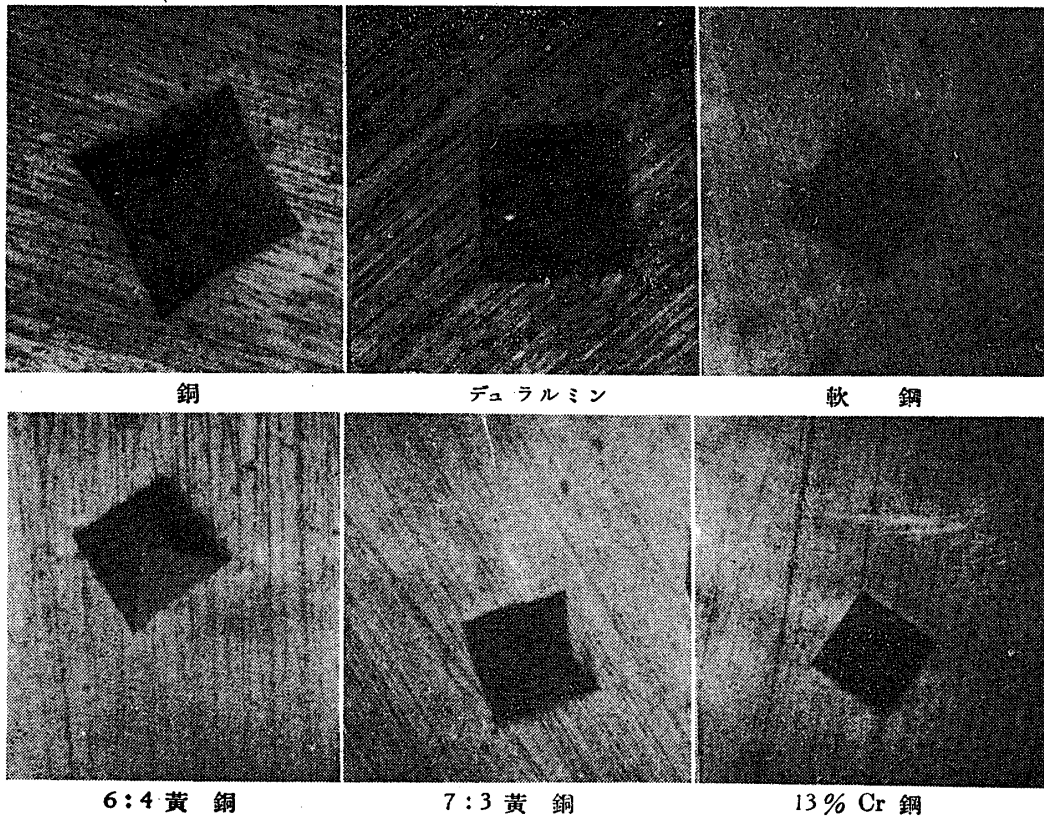
材料を機械加工した面から、どの程度表面を取去つたら、硬化層が除かれるかを知るために、次の如き實驗をやつて見た。用いた材料は、4:6 黄銅、軟鋼、



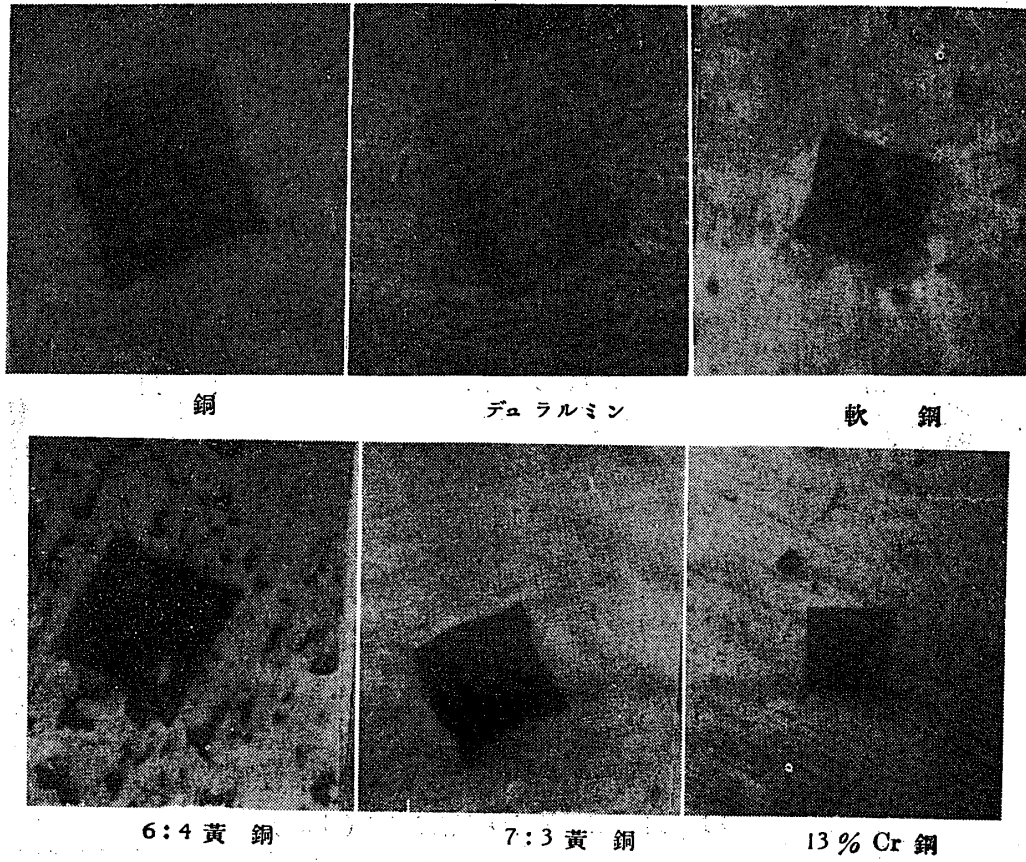
第3圖



第5圖 各種材料の電解研磨面 (E.P.)



第6圖 各種材料のエメリー紙仕上面 (EM.)



第 7 圖 各種材料のバフ仕上面 (B.)

デュラルミンの焼鈍材で、加工條件は堅型フライス盤により剣バイトを用い、切削速度は45 m/minで、切込み深さは、デュラルミン、軟鋼が0.1 mm、4:6黄銅が、0.04 mmで、全體で深さ約0.3 mm位切削し、その表面を順次内側に腐蝕とエメリー紙により減らしながら、硬度を測定したのが第3圖である。用いた荷重は5 kgである、この實驗は系統的でなく、條件によつて硬化層の深さも色々變る筈である、然しながらこの實驗に示された加工層の深さより、もつと深い層を機械加工面から取去つた後の面に於ても、やはり小荷重で硬度の上る現象が見られたので、我々の場合の原因はなお他にあるものと考えられる。

5. エメリー紙又はバフ仕上による硬化⁽⁶⁾

最後に考えられる原因として、試料表面を仕上げる爲のエメリー紙、又はバフ磨きによる表面硬化が残つていることであるが、これ等の影響を見るために、先ず硬化の殆んど起らぬ表面仕上げが必要となつてくる、所が薬品による腐蝕は、試料表面を凸凹にし、その爲壓痕の大きさの測定が不正確になるを免れない、そこで電解研磨を試みた。

電解研磨面の硬度

アルミニウム、デュラルミン、銅、4:6黄銅、7:3黄銅、軟鋼、13% Cr鋼の7種の材料に就いて、夫々焼鈍後、表面層を腐蝕と、エメリー紙にて落し、バフ仕上をして、その後に個々の材料について電解研磨を施し、それを1, 2, 3, 5 kgの各種荷重で硬度測定を行つた。その結果は第4圖にE.P.で示してある。又その表面の寫眞を第

第2表 電解研磨條件

材料	使用液	電圧	電流	時間
アルミニウム	硝酸・寒天	30~50V	200 A/dm ²	30分
デュラルミン	セ水醋酸・過塩素酸	80~100V	5~8 A/dm ²	5~15分
銅	硝酸・ゼラチン	7~10V	60 A/dm ²	10~15分
軟鋼	硫酸・グリセリン・水	7.6~7.8V	200 A/dm ²	5~8分
7:3黄銅	正硝酸・ゼラチン	1.9V	15 A/dm ²	5~8分
6:4黄銅	硝酸・ゼラチン・硫酸	3.5V	9~11 A/dm ²	5~8分
13% Cr鋼	硝酸・酢酸	6~9V	370 A/dm ²	4~5分

5圖に掲げてある。

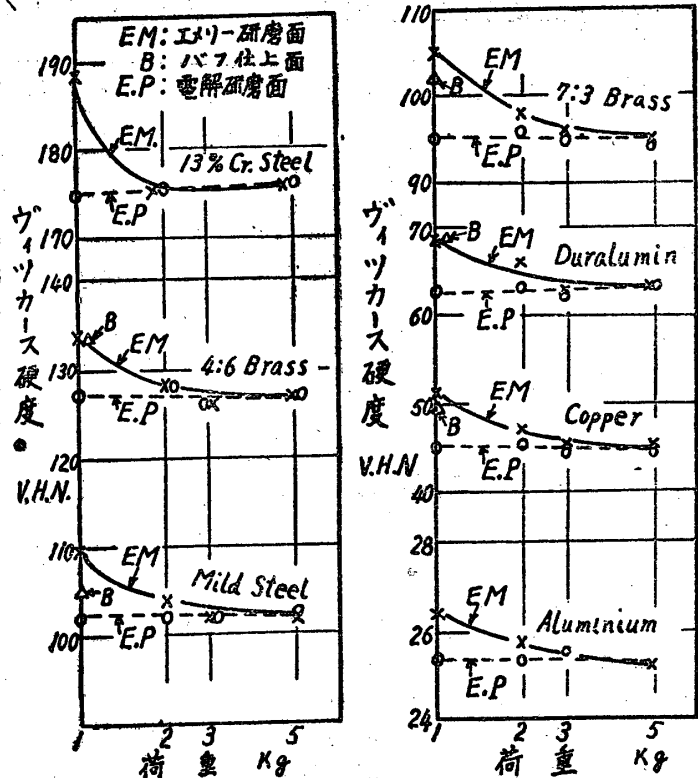
電解研磨の條件は、第2表に示してある(田島博士による)⁽⁸⁾

この結果より、電解研磨によつて、硬化の無い様な表面仕上げを行えば、我々の用いた材料について、試験荷重1 kg迄は、一定の硬度値が得られることが分つた。そこで改めて電解研磨した面に、エメリー紙、又はバフで磨きをかけ、これが硬度値にどの様な影響を與えるかを見た。

エメリー紙、及びバフ磨きの影響

前記の如き材料に、同様な電解研磨を施し、その表面を、エメリー紙0000で軽く10回程度磨いた後に、各種荷重で硬度測定をしたのが、第4圖にEM.で示してある。

バフ磨きは、電解研磨面を、酸化クロムを研磨劑として研磨機にかけ、壓力は軽く手で試料が逃げぬ程度に押えて行い、その面を1 kgの荷重で測定した。その結果は同じく第4圖にB.で示してある。



第4圖

エメリー紙0000で磨いた面、及びバフ磨きをした面の寫眞は第6圖、第7圖に示してある。

ここに於て最初に著者等が、薬品腐蝕とエメリー紙仕上げによつて得た面に於て、硬度が小荷重で上る理由はこれである事が確認された。

6. 結 論

1. ダイヤモンド角錐が屋根型の場合は、硬度値は、荷重と共に低くあらわれる。
2. 機械仕上による加工層の影響は、普通の切削加工程度では、表面より大體 0.2 mm 位取去つて、5 kg 位の荷重で硬度測定すれば、加工層の影響が無くなる事が大雑把にいえる。
3. 電解研磨面の硬度に就て、材料測定表面を、エメリー紙で磨いて、バフ仕上を行い、電解研磨を施せば、1 kg の荷重でも、3, 又は 5 kg と同一の硬度値が得られる。
4. エメリー紙及びバフ磨きの影響
 *材料電解研磨面を、エメリー紙 0000 で磨いても、又バフ磨きを行つても、1 kg の荷重では、完全に加工硬化の影響が入つて来て硬度は上る。
 以上四つのが、此の實驗で行つた結論である。
 最後に、ここで取扱つた材料以外についても、同様なことがいえるかどうかということと、1 kg 以下の微小

荷重による硬度測定の場合に、表面の影響が今以上問題となることと思われる。

以上を行うにあたり、色々と御教示を得た吉澤武男博士、又電解研磨に就て、御世話になつた倉藤尚雄博士、並びに秋元健次氏に厚く御禮申上げると共に、文部省科學研究費の補助を得たので、重ねて謝意を表す。

文 献

- 1) 菊地麟平：日本金屬學會誌 Vol. 7. No. 2 (1930).
- 2) 吉澤武男：日本機械學會應用力學大會 (1931).
- 3) 例えば、田島榮：電氣化學 No. 1 (1931).
- 4) 田中晋輔：日本金屬學會誌 (1938).
- 5) 例えば、松村鶴造：日本機械學會誌 (1931).
- 6) 例えば、福井、工藤、清野：理工研定期講演會 (1949, 10, 24).
 福井、清野：理工研定期講演會 (1950, 6, 9).

加工硬化した鋼材の疲労 (第2報)

福井伸二・佐藤四郎

On the Fatigue of Work-hardened Steel (2nd Report)

By Shinji Fukui and Shiro Sato.

ABSTRACT : In a previous work, Haigh type tensile and compressive fatigue limits were studied about specimens of ordinary constructional steel after plastically deformed by statical tensile or compressive stresses.

In this paper, *Ono type rotational bending fatigue limits were studied in the same way as in the previous work. Arranging the experimental results by the absolute values of natural strain corresponding to the preworking stresses, the fatigue limits changed similarly both for tension and compression. Comparing with the annealed states, the fatigue limits decreased by about 4% for strain smaller than about 3%, and then the limits raised to about 15% for the larger strain. This tendency seemed to be similar to that of yielding point for bending. The changing rate of rotational bending fatigue limits were similar to those for the tension compression fatigue.

(1950年12月27日受理)

1. 緒 言

第1報⁽¹⁾に、あらかじめ引張、壓縮塑性加工を與

えた鋼材からヘイグ式引張壓縮疲労試験片を製作して疲労強度にどの様な變化があるかをしらべて報告した。その結果によると、引張加工も壓縮加工も疲労強