試験片の表面仕上程度が回転曲げ 疲労強度に及ぼす影響*

河本 実** 西岡 邦夫*** 乾 宰人****土谷富士雄****

The Influence of Surface Roughness of Specimens on Fatigue Strength under Rotating-beam Test

by Minoru KAWAMOTO, Kunio NISHIOKA, Tadahito INUI and Fujio TSUCHIYA

It has been well known, in general, that surface roughness of specimens gives comparatively noticeable effect on the endurance limit under rotating-beam test, and then that serious attention must specially be attracted for hard materials, sensible to the notch, when surface finishing is carried out.

No clear conclusions, however, have been quantitatively proposed with the relation between the roughness of surface and endurance limit, because the reason is, to begin with, intricate and difficult to analyze.

This study was commenced to clarify such relation, and the relations were obtained for the two kinds of carbon steels—medium and hard—by defining clearly the surface roughness.

While, we suggested a conception how consideration to the fatigue strength have to be done when subjected to a non-uniform stress distribution, such as in this example, with very small range. The conception is based upon the following two considerations: one is an expression of the non-uniform stress distribution, near the root of very minute and numerous scratches, with a probability density function, and another is to take into account the local plastic deformation near the root under the reversed stress. And, from that, satisfactory interpretation could be made to experimental results above-mentioned.

1. 緒 言

試験片の表面仕上の程度により耐久限度が異なることは古くから知られている¹⁾。したがって疲労試験を実施するにあたっては、なるべくよい仕上面の試験片を作り、仕上げの影響を除去するよう努力が行われている。しかし鏡面に近いような仕上面を得ることは、実際問題として非常に手数がかかり、また、それほどまでしなくても、ある程度以上よい仕上面であれば、その影響はほとんどないものと一般に考えられている。そして研究者により、それぞれ自己が必要と思う程度の仕上をしているのが現状のようである。

しかし、仕上面の粗さが耐久限度に影響を及ぼすということは、主として仕上の時にできる無数の小さな傷が、切欠としての作用をするためであると考えられる。切欠効果は、従来よりよく知られているように、材料の性質により異なるものである。したがって仕上

の場合にも同様なことが考えられるはずで、粘り材料では比較的粗い仕上面であつても、その影響は少ないかも知れない。これに反して、硬い材料では非常によい仕上面の試験片を用いないと、かかる影響のほとんど除かれた状態の試験はできないであろう。したがって材料の種類によつても仕上粗さを変える必要があるわけである。

しかるに従来のこの種の研究では、とかく仕上粗さの表示法が不明瞭なものが多く、単に研削仕上とか旋削仕上などの漠然とした言葉で表わしている。そして、それらの仕上面と耐久限度との関係を求めている。

上記のように仕上痕の切欠効果が問題になるという考えからすれば、かような漠然とした仕上程度の表示では不充分で、なるべく定量的に表示しなければならない。また仕上をする時には、加工硬化の影響も含まれるおそれのある²⁾ことを注意せねばならない。最近 Tarasow と Grover³⁾ は仕上痕を試験片の軸方向につけて回転曲げ試験を行い、仕上痕の切欠効果を除いて、加工硬化の影響を調べている。また Fluck⁴⁾ は種々の

* 原稿受付 昭和29年9月30日

** 正員 京都大学

*** 正員 発表当時京都大学

**** 発表当時京都大学

仕上粗さを root mean square で定量的に表わして、それらの粗さの試験片を数多く用いて、同一試験応力における破壊までの繰返数のちらばりを求めている。しかし前者では、あまり加工硬化の程度の表示が明瞭でなく、後者では仕上粗さが実験値のちらばりに及ぼす影響はなんら特別な傾向がないようである。しかし最近の研究は次第に仕上粗さの定量的表示を行い、あわせて加工硬化の影響も考慮に入れるようになっていく。しかし仕上粗さと耐久限度との関係については、後述する Thomas の研究があるが、まだ明らかにされたとは言えない。そして通常の疲労試験片の仕上程度をどのくらいにすればよいかはつきり解っていない。

本研究はかかる点を少しでも明らかにしようとして行つたもので、仕上程度を種々に変えるには、粒度の異なる研削砥石、えめり紙、あるいはバフを用いた。そして、かような方法で得られた種々の仕上程度の試験片の回転曲げ耐久限度を求めて、仕上粗さの影響を明らかにした。なお材料によるその影響の差異を知るために、一般的傾向を知るには不十分であるが、半硬鋼と硬鋼の2種類の炭素鋼を用いた。

しかして、かような仕上粗さの影響は、前述のように仕上痕の切欠効果によるものであることは当然考えられる。Thomas⁴⁾は1923年に、このような考えから仕上粗さと耐久限度との関係を推定している。彼はまず仕上痕に似通つた単独の切欠につき実験して、その切欠の鋭さによる耐久限度の低下の程度を求めた。そして次に、実際に種々の仕上面を作り、仕上痕の大きさをセラチン膜から求め、この中で最も鋭い仕上痕が単独にあるものと考え、上記の実験結果と比較して、耐久限度の低下率を求めている。応力集中に対する理論的研究がまだあまりなされていなかった当時としては、多重切欠の概念もまだあまり知られていない。したがって最も鋭い仕上痕を1個だけ取り出し、それを単独切欠と考えているが、このような考えは現在ではそのまま受け入れられない。しかし非常に昔にこのような企てがなされたことは興味のあることである。ただ Thomas はこのような推測により得られた結果に対する実験を行っていないので、実際に正しいかどうかは疑問である。

さて Thomas 以後には、定量的な考察は見当らないようで、また現在のところでは、仕上痕を多重切欠と考えると、その応力集中を簡単に知ることでもできない。しかがつて仕上痕をそのまま取り出して、ある鋭さの切欠と考えることによる定量的考察は困難なように思われる。

そこで著者らは、表面の軸方向に沿つての応力分布を頻度函数により表わし、繰返応力による材料の局部的な塑性変形を考慮に入れるという考えから耐久限度を論じた。そして、この考えより導かれる仕上粗さと曲げ耐久限度との関係は、実験結果の説明に有用であることが解つた。なお、この考えは、より一般化すれば、非常に狭い範囲で不均一な応力分布を生じている場合の耐久限度を論じる一つの方法ではないかと思う。

2. 試験材料および試験片

本試験に使用した材料は半硬鋼および硬鋼の2種類で、その化学成分および機械的性質を Tables 1 および 2 に示した。

Table 1. Chemical Composition of Materials (%).

Mark	C	Si	Mn	P	S
3111	0.41	0.32	0.48	0.040	—
2245	0.61	0.25	0.61	0.044	0.026

Fig. 1. Form of Specimen.

試験片は Fig. 1 に示す形状のもので、この形に製作した後、それぞれ Table 2 に示したような熱処理を施した。したがって最初の旋削加工の影響は除去されていると考えられる。このようにして作つた試験片に、研削砥石、えめり紙、およびバフを用いて、種々の仕上を行つた。

研削仕上に用いた砥石はカーボラシダムのヴィトリ

Table 2. Mechanical Properties of Materials.

Mark	Heat Treatment	Yield Point kg/mm ²	Tensile Strength kg/mm ²	Breaking Strength on Final Area kg/mm ²	Elongation %	Reduction of Area %	Hardness Shore
3111	Heated at 835°C for 30 min. in vacuum, then cooled in furnace.	31.8	57.5	73.5	33.0	46.7	21.8
2245	Heated at 805°C for 30 min. in vacuum, then cooled in furnace.	30.0	63.7	85.6	22.3	29.6	23.3

ファイブ硬度 L のもので, #200, #120, #46, および #36 の 4 種類の粒度のものである。そして, これらの砥石はその研削面を半径 120 mm の凸面に成形し, 試験片の軸に対して垂直方向の切込のみを与えて, 試験片の中央部約 25 mm の幅を仕上げた。なお, この場合冷却剤は用いなかっただが, 切込量を非常に少なくして発熱を極度に抑え, 加工硬化などの影響を除くように注意した。なお研削条件は, 砥石周速度が約 1380 m/min で, 試験片中央部の周速度は約 110 m/min であった。

えめり紙仕上の時には, #120, #0, #000 の各えめり紙を順次につけ, 最後に #0000 または #0 のえめり紙で仕上げた。

バフ仕上は #000 のえめり紙による仕上を行つてから, 試験片の中央部 25 mm の幅をベンガラを研磨剤として仕上げた。

なお, えめり紙仕上およびバフ仕上のいずれの場合にも, 仕上痕は試験片の軸に対して直角に, すなわち円周方向にのみつくようにした。このような注意を払つたのは, 本研究の目的が研削痕による切欠効果を知ること主眼を置いたからである。

本試験は小野式回転曲げ試験機を用いて行つたもので, 毎分回転数は約 1780 である。

3. 仕上面の粗さの測定および表示法

仕上面粗さの測定法には種々あるが, 本試験では触針式検査機によつた。用いたのは小坂式仕上面検査機で, これにより得られた仕上面の凹凸より, JIS に準拠した方法で粗さを表示することにした。

すなわち, オッシロ紙上に得られた試験片の軸方向の仕上面の凹凸を, ウネリ曲線の影響を除くために, まず, その凹凸の一山ないし二山が入る程度の間隔で分割し, 次にその各間隔内に含まれる凹凸の最大値を求めた。そして 1 枚のオッシロ紙全体にわたつて求められたところの, このような凹凸の中で, 並はずれた大きな値を除き, 残りの中の最大値をその仕上面の粗さとした。

さて, このような粗さの表示法をとると, たとえ研削条件が同一であつても, 同じ粗さの仕上面を得ることは非常に困難で, その粗さは相当大きな撒りを示す。したがつて, 1 つの $S-N$ 曲線を引くのには多くの試験片を要するが, 粗さを何 μ と指定して, その粗さのもののみを多く作ることができない。そこで, それぞれの粗さに応じたある範囲の粗さのものは, その中間の粗さで表示して, 同一のグループのものと考へて使用することにした。

いま, この粗さの範囲の分類を示したのが Table 3 で, この表にはそれらの範囲を代表さして考へる粗さおよびそれぞれの粗さのものを得た時の仕上条件を併

Table 3. Classification of Range of Roughness and the Finishing Condition.

Notation of Roughness	Range of Roughness μ	Roughness μ	Finishing Condition
A	0.1~0.2	0.15	Polished with 0000 Emery Paper
B	0.2~0.4	0.3	Buffed with Red Ocher
C	1~2	1.5	Polished with 0 Emery Paper
D	2~4	3.0	Grinded with #200, #120 or #46 Grindstone
E	4~10	7.0	
F	10~20	15.0	

記した。この表よりわかるように, 大体同一研磨条件の下に粗さ範囲を分類してあるが, D, E の附近では必ずしも研削条件のみから分類できない。なお, このような分類をした場合のオッシロ紙上にとられた仕上面を Fig. 2 に示した。

V: Vertical Magnification, H: Horizontal Magnification

Fig. 2. Profilograph of Finished Surface.

4. 試験結果

前節にのべた 6 種類の粗さの試験片を用いて回転曲げ試験を行い, 各材料に対して得られた $S-N$ 線図を Figs. 3 および 4 に示した。なお, これらの $S-N$ 線図の傾斜部分は各粗さごとに破断したすべての試験片につき最小自乗法を用いて求めた。また耐久限度としては, 粗さがある範囲をもっているので最も適当と思われる値を採用した。

Fig. 3. S-N Diagram (3111).

Fig. 4. S-N Diagram (2245).

この結果より粗さと曲げ耐久限度との関係を示したのが Tables 4 および 5 である。そして同表には、粗さ A の場合の耐久限度 σ_{wA} を基にして考えた場合の各粗さの試験片の耐久限度 σ_w の比を、 σ_{wA}/σ_w および σ_w/σ_{wA} の両者について示した。前者の σ_{wA}/σ_w は粗さ A のものを基準に考えた時の各粗さの試験片の切欠係数に相当するものである。また後者の σ_w/σ_{wA} は仕上が粗くなるにつれて耐久限度の低下する割合を

Table 4. Relation between the Roughness and the Bending Endurance Limit (3111).

Notation of Roughness	Roughness μ	Bending Endurance Limit kg/mm^2	σ_{wA}/σ_w	σ_w/σ_{wA}
A	0.15	28.5	1.00	1.00
B	0.3	28.3	1.01	0.99
C	1.5	27.8	1.02	0.98
D	3.0	27.5	1.04	0.97
E	7.0	26.4	1.08	0.93
F	15.0	23.7	1.20	0.83

Table 5. Relation between the Roughness and the Bending Endurance Limit (2245).

Notation of Roughness	Roughness μ	Bending Endurance Limit kg/mm^2	σ_{wA}/σ_w	σ_w/σ_{wA}
A	0.15	29.2	1.00	1.00
B	0.3	28.5	1.02	0.98
C	1.5	29.2	1.00	1.00
D	3.0	26.6	1.10	0.91
E	7.0	25.5	1.15	0.87
F	15.0	23.9	1.22	0.82

Fig. 5. Relation between the Bending Endurance Limit and the Roughness (3111).

Fig. 6. Relation between the Bending Endurance Limit and the Roughness (2245).

示したものである。

いま曲げ耐久限度と粗さとの関係を各材料につき示したのが Figs. 5 および 6 である。これらの図を見ると、粗さが小さい間は耐久限度の低下は僅少であるが、大きくなると急激に低下することがわかる。そして、これらの図より、各材料に対して仕上粗さの影響をほとんどなくするのに必要な粗さは次のようになる。

材料 3111.....約 3μ (#200 研削砥石仕上)

材料 2245.....約 1μ (#0 えめり紙仕上)

すなわち、これより硬い材料ほどよい仕上をせねばならぬことも明らかである。

5. 試験結果に対する考察

緒言で述べたように、仕上粗さにより耐久限度が影響を受けるのは、旋削や研削あるいはえめり紙仕上に

より, 表面にできる非常に小さい条痕が切欠としての作用をするからである。そして仕上が粗くなると, 条痕が荒くかつ深くなり, 切欠効果が大きくなり, 耐久限度が低下するものと考えられる。

したがって, かかる条痕の切欠効果を明らかにすることができれば, 仕上程度が耐久限度に及ぼす影響を一般的に論ずることが可能になる。このような意味で Thomas の考えなどが提案されたものと思われるが, 仕上痕は非常に小さく, かつ接近しているために, 取扱いが困難で, 理論的な応力集中の状態を知ることにも不可能に近い。

もし非常に近似的な応力集中率を推定し, これより耐久限度の低下状態を知ろうとすれば, Neuber⁶⁾により解かれた多重切欠の式に尖鋭切欠の概念を加味すれば, ある程度可能になるかも知れない。しかし, このような方法をとうろうとすれば, 条痕の形状の決定に困難があり, かつ非常に近似的なものになってしまう。

また最近よく問題にされているところの, ある範囲の応力の平均値により疲労破壊を論ずるという方法から考えてみる。この説では, 材料によりもちろん考える範囲も異なるが, 大きい時には 0.5 mm くらいとすることもある。このように大きい範囲を考えると, この中には仕上痕が幾つも入ってきて, 平均した応力は粗さの影響を受けなくなる。したがって耐久限度の差異も出てこないことになり, 実際に反することになる。

この外にも切欠効果に対する種々の考えが提案されているが, そのいずれも本例のように非常に狭い範囲で, 不均一な応力状態が生じている場合の疲労強度の問題を説明するには不十分のように思われる。そこで以下には, このような時の取扱いの方法に対する新しい考えを述べよう。

仕上面を拡大してみると, Fig. 7 に示すように非常に不均一な多くの条痕からできており, 表面附近の応

Fig. 7.

力は場所により非常に異なっている。しかし疲労破壊が起るのは, 同図で A, B, C, ..., F などて示した条痕の底部あるいはその附近からであろう。そこで強度上の考察を進めるには, これらの点を結んだ線上あるいはその近辺の応力分布状態を知る必要がある。

そこで, このような仕上面をもつ試験片が静曲げモーメントを受けた時に, 上記線上あるいは附近に生ずる軸方向応力 σ の分布につき考える。これを弾性論から求めることはほとんど不可能なので, ここでは σ の分布が次のような確率密度関数 $f(\sigma/\sigma_n)$ で表わされるものとする。すなわち

$$f\left(\frac{\sigma}{\sigma_n}\right) = m h \left(\frac{\sigma}{\sigma_n}\right)^{m-1} e^{-h(\sigma/\sigma_n)^m} \quad (1)$$

ここに σ_n は静曲げモーメントを断面係数で除して得られる表面の見掛け応力である。また m と h は度数曲線の形を決める定数で, m は尖鋭度を, h は $f(\sigma/\sigma_n)$ の最大値の位置を決めるものである。

さて(1)で表わされる確率密度の平均値 σ_a/σ_n は次式で与えられる。

$$\sigma_a/\sigma_n = \Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right) / \sqrt[m]{h} \quad (2)$$

しかし, いまのように条痕が連続して並んでいる時には, いくつかの条痕を含んだ表面の軸方向における線上の応力の平均値は, 見掛け応力 σ_n に等しくならねばならない。すなわち

$$\sigma_a = \sigma_n \quad (3)$$

の関係が成立し, (2)より

$$\sqrt[m]{h} = \Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right) \quad \text{または} \quad h = \left\{\Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right)\right\}^m \quad (4)$$

となり, (1)式の与える応力分布の平均値が σ_n になるための h と m との関係が求められる。

したがって(4)を(1)に代入すると,

$$f\left(\frac{\sigma}{\sigma_n}\right) = m \left\{\Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right)\right\}^m \left(\frac{\sigma}{\sigma_n}\right)^{m-1} \cdot e^{-\left\{\Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right)\right\}^m (\sigma/\sigma_n)^m} \quad (5)$$

となる。これで静曲げモーメントが作用した時の表面に沿つての応力の分布を m の函数として表わすことができた。

そして, この分布において, ある応力 σ よりも大きい応力が出る確率 $P(\sigma/\sigma_n)$ は

$$P(\sigma/\sigma_n) = \int_{\sigma/\sigma_n}^{\infty} f\left(\frac{\sigma}{\sigma_n}\right) \cdot d\left(\frac{\sigma}{\sigma_n}\right) = e^{-\left\{\Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right)\right\}^m (\sigma/\sigma_n)^m} \quad (6)$$

より求められる。

以上で静曲げモーメントを受ける時の応力分布が明らかになったので, 次に疲労破壊がいかなる条件により支配されるのかについて考えてみよう。すなわち換言すると, 疲労試験開始時の応力分布が(5)式で示される時には, いかなる条件の時が耐久限度になるのかについて考えてみる。

いま, その条件として, 上記の $P(\sigma/\sigma_n)$ がある値以上になった時に疲労破壊が起ると考える。すなわち, (5)式から求め

Fig. 8.

られる分布曲線の形は Fig. 8 に示したようで、応力の分布は 0 から ∞ までの間に拡つている。しかし、この分布は σ_n なる見掛けの静曲げ応力を受けた時で、 σ_n が繰返曲げ応力として作用する時には、大きい応力の部分は局部的に塑性変形を生じて応力が低下し、その附近の応力はその低下を補つて増加する。そして全体的に見ると、応力分布は次第に均一化されるものと考えられる。いま Fig. 8 で、斜線の部分の面積 $P(\sigma/\sigma_n)$ に相当する大きい応力の部分が均一化されて、実際に試験片内に生じている応力は $\sigma' (= \xi \sigma_n)$ より小さい応力のみになつたとする。すると、この σ' が表面に全然切欠のない試験片（理想的な鏡面を有する試験片）の耐久限度 σ_{wo} を超えない限り疲労破壊しないわけで、この σ' がちょうど σ_{wo} に等しくなる時の σ_n がその仕上に対する耐久限度に相当することになる。

したがつて、ある材料を用いて、ある粗さの仕上を行つた時の耐久限度 σ_w は、 m と $P(\sigma/\sigma_n)$ の値が知られていると、計算により求められる。すなわち (6) 式にこれらの m と $P(\sigma/\sigma_n)$ の値を代入して σ/σ_n の値を求めると、これが Tables 4 または 5 の 4 列目の値に相当する。

以上で考え方は明らかになつたが、粗さを示すパラメーターとしての m および $P(\sigma/\sigma_n)$ の値を実際の場合にどのように採るべきかについて次に考える。

まず m について考えると、この値は同一仕上粗さに対しては、たとえ材料が異なつても同じものでなければならない。そこで材料により耐久限度の低下率が異なるということは、 $P(\sigma/\sigma_n)$ の値が材料により異なることを意味している。すなわち比較的塑性変形しやすい材料では、繰返応力による応力分布の均一化の程度が大きいであろうということは当然考えられることで、このような材料では $P(\sigma/\sigma_n)$ の値は大きいわけである。また、これと反対に塑性変形しにくい材料では、応力分布の均一化が少なく、 $P(\sigma/\sigma_n)$ の値も小さいと考えられる。換言すると、同一の粗さでも、材料により耐久限度の低下率が異なるのは、それらの材料が繰返応力を受ける時に、塑性変形を生じやすいか否か、そして、その程度が大きいのか否かによるものであると考えるわけである。

そこで実際に m と $P(\sigma/\sigma_n)$ の値がどのようになるかにつき考えてみる。本試験では 2 種類の材料に対して、粗さと耐久限度との関係を求めてある。したがつて、それぞれの材料に対して適当な $P(\sigma/\sigma_n)$ を仮定し、実験により得られた切欠係数に相当する σ_{wA}/σ_w を (6) 式の σ/σ_n の代りに入れると、それぞれの材料に対して、各粗さの場合の m の値が求められる。このようにして各材料に対して求められた粗さと m との関係は、上記の考えが正しければ、適当な $P(\sigma/\sigma_n)$ の

値を各材料に対して選んだ場合に一致せねばならないはずである。

いま材料 3111 および 2245 に対して、 $P(\sigma/\sigma_n)$ の値をそれぞれ 0.3 および 0.1 にとつてみる。そして Tables 4 および 5 の σ_{wA}/σ_w を用いて、粗さと m との関係を各材料に対して求めたのが Fig. 9 である。同図より、それぞれの材料の粗さと m との関係はよく一致していることがわかる。

Fig. 9. Relation between m and Roughness.

したがつて同図に示された粗さと m との関係は、仕上面の応力分布を (5) 式の確率密度函数で表わした場合に、ほぼ実際に生じている応力分布を与えるものであらうと考えられる。

いま Fig. 9 の実線で示した関係を用い、かつ $P(\sigma/\sigma_n)$ は上記の値をとつて、各材料の粗さと σ_w/σ_{wA} との関係を計算してみると、Figs. 10 および 11 の実線のようになる。この結果は、当然のことであるが、実験値とほぼ一致している。ただ両材料とも粗さが 15 μ

Fig. 10. Relation between Roughness and σ_w/σ_{wA} (3111).

Fig. 11. Relation between Roughness and σ_w/σ_{wA} (2245).

の場合には、計算値と実験値とが相当違っている。しかしこの差異は実験結果の方で耐久限度を決定する時の困難さにも起因している。すなわち、いま計算値に合うように各材料の耐久限度を決めて、それを Figs. 3 および 4 の $S-N$ 線図上に書きこむと、点線のようになる。これを実験値と考え合せて判断してみると、あまり不合理な感じもしない。すなわち粗さが 15μ の時は、試験片個々の粗さに相当大きな撒りがあるために、耐久限度の決定に困難があるためで、計算値が実験値とあまり一致しないのはこのためであると思われる。したがって、ここにのべた計算結果はほぼ正しいものと考えてよいであろう。

したがって以上述べたような取扱いは、仕上程度が回転曲げ耐久限度に及ぼす影響を論ずるのに適しており、任意の材料がある粗さの仕上を受けた時の耐久限度は、その材料の $P(\sigma/\sigma_n)$ さえ知られていと求められる。いま本実験で用いた 2 種類の材料から、 $P(\sigma/\sigma_n)$ と σ_B との関係を図示したのが Fig. 12 である。

Fig. 12. Relation between $P(\sigma/\sigma_n)$ and σ_B

非常に塑性変形による応力の均一化の行われやすい材料ほど $P(\sigma/\sigma_n)$ は 0.5 に近くなり、脆いものでは

0 に近づくわけである。

6. 結 論

本研究により得られた結果を要約すれば次のようである。

1. 炭素含有量が 0.41 および 0.61 % の 2 種類の炭素鋼を用いて種々の仕上粗さと回転曲げ耐久限度との関係を明らかにした。
2. 疲労試験では、仕上粗さの影響がほとんどない程度の試験片を用いる必要にせまられることが多い。上記試験の結果、0.41 % 炭素鋼では粗さ約 3μ (#200 研削砥石仕上) を 0.61 % 炭素鋼では粗さ約 1μ (#0 えめり紙仕上) 程度の仕上を行えば、この要求を満たされることがわかった。
3. 仕上面のように、非常に狭い範囲で不均一な応力分布を生じている場合の、疲労破壊に対する一つの考えを提案した。これは各仕上条痕底附近の応力分布を確率密度函数で与え、繰返応力による条痕底部附近の局部的塑性変形を考慮に入れたもので、上記実験結果に対する満足な説明を与えることができた。

注：一

- 1) H.F. Moore, J.B. Koppers, Univ. Illinois Eng. Exp. Sta. Bull., 124, p. 178 (1921)
学振金属材料, I. 応力論, p. 375~383 (昭和13年)
- 2) L.P. Tarasow, H.J. Grover, Am. Soc. Test. Mat., Proc., Vol. 50, p. 668 (1950)
- 3) P.G. Fluck, Am. Soc. Test. Mat., Proc., Vol. 51, p. 584 (1951)
- 4) W.N. Thomas, Engg., Vol. 116, p. 449, p. 483 (1923)
- 5) JIS B 0601
- 6) H. Neuber, Kerbspannungslehre, Julius Springer (1937)
- 7) C.S. Yen, T.J. Dolan, Univ. Illinois Eng. Exp. Sta. Bull., 398 (1952)