

Fig. 4. Effect of grip cover (result of model test).

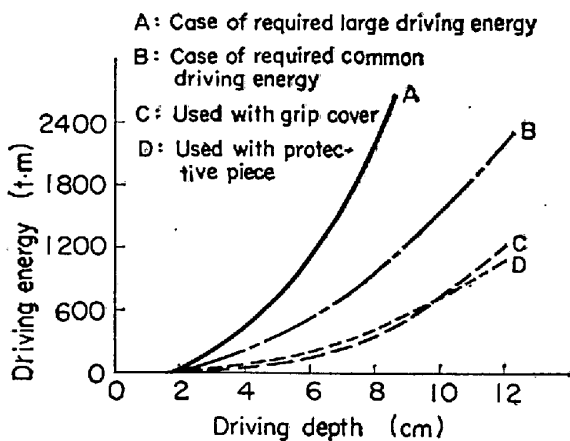


Fig. 5. Testing result at Nebama.

### 2.1 砂排除具の方法

鋳鉄製の砂排除具を利用してグリップ内に詰っている砂を漸次外部へ排出する方法である。これは砂排除具の傾斜面で土砂がグリップ開口部より押し出されるため土砂の詰りは解消される。

### 2.2 砂の侵入を防止する方法

1枚目のグリップ開口部に砂を侵入を防ぐため密度のきわめて小さい物質でカバーしておき、2枚目の打込みのときグリップ抵抗を生じないようにする方法である。今回の実験ではこのグリップカバーとして発泡性ポリスチレンの棒を使用した。これは比重が  $15 \text{ kg/m}^3$  で極めて小さく、適度な強度を持ち、多孔質で耐蝕性、耐水性を有し、グリップカバーの目的には適切な物質である。

Fig. 1 に示した装置により模型実験を行なった結果を示すと、Fig. 4 のようになり、グリップカバーを全長に用いたものが打込エネルギーが小さくなることがわかった。

### 4. 現場実験結果

砂排除具、グリップカバーの方法を砂層で実験した結

果は次の通りである。

#### 4.1 根浜実験結果

日時: S. 40. 1. 30~2. 9 場所: 岩手県釜石市根浜海岸, 地質: 砂層, N値: 13~22, 試験本数: FSP I 30本, 打込み深さ: 12m, 打込機械: モンケン 1.5t

Fig. 5 に根浜海岸での実験結果を示す。この図から明らかのように両対策の効果を顕著に示すもので、もちろん地層のバラツキもあるがグリップ抵抗が非常に減少したことが判る。

#### 4.2 新潟実験結果

日時: S. 40. 7. 6~7, 17 場所: 新潟市新港海岸 地層: 砂層 N値: 11~39 試験本数: FSP I 50本 打込み深さ: 15m 打込機械: D-22 ディゼルハンマー

新潟実験の場合も非常に深い砂層で前回同様の試験を行なったが、両対策に対する効果はほぼ同程度に確認された。

#### 4.3 利根川実験結果

日時: S. 41. 1. 3~2, 5 場所: 行田市利根川取水工事 地質: 礫混り砂層 N値: 10~60 試験本数: FSP II A 21本

地層が礫混りの砂層であり固く、変動が激しいので近接して打込んだ鋼矢板を一つのグループとして打込打撃回数を比較した。その結果、通常打込みの場合に較べグリップカバーおよび砂排除具を使用したものは打込打撃回数で平均 30% 減少した。

### 5. 結 言

鋼矢板を粘着性の乏しい砂層に打込む場合に、適切な建込にして、上手な打込み作業を行なつてもグリップ内に砂が流れ込む。それが打込みの際グリップ内で圧縮されて大きなグリップ抵抗となり、打込み困難となる。この対策としてグリップ内に砂が詰らないようにする二つの方法を考え現場実験を行なった結果、普通の場合の 30~40% だけ少ない打込み打撃回数ですみ、大いに効果のあることが判つた。

## (219) 鋼の疲れ強さにおよぼす表面粗さの影響

(工具鋼の疲れ強さに関する研究—I)

日立金属, 安来工場

清永欣吾・浦野元一・吾郷暎生・芥川俊雄  
Effect of Surface Roughness on the Fatigue Strength of Steels

(On the fatigue strength of tool steels—I)

Kingo KIYONAGA, Motokazu URANO

Ryosei AGO and Toshio AKUTAGAWA

### 1. 緒 言

一般に比較的軟かい鉄鋼材料に比して硬度の高い特に硬度  $H_{RC} 50\sim60$  ある高硬度材における疲れ強さのデータは非常に少なく、設計に不便を感じている。本研究は高硬度材に関する疲れ強さのデータの集積と、疲れ現象の理解を増すために第1報として「鋼の疲れ強さに

Table 1. Chemical composition of specimen (wt%).

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Cu
AISI. D2	1.47	0.41	0.38	0.024	0.002	11.90	0.80	0.80	0.03

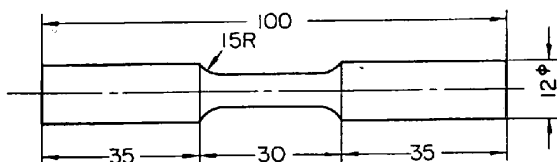


Fig. 1. Specimen for rotating bending fatigue test.

およぼす表面粗さの影響」について研究を行なった。鉄鋼材料の繰返し荷重に対する疲れ強さは材質本来の強さに依存することはもちろんであるが、それらの表面状態が疲れ強さにおよぼす影響はこれにまさるとも劣らず大きいと推定される。よつて表面の疲れ強さに対する抵抗性を増大することは鉄鋼材料の寿命や強さを増大することになる。

本研究はそのような実用的意味を含むとともに、今後第2報からの各種工具鋼の硬度と疲れ強さとの関係などを明らかにする回転曲げ疲れ試験の基準を定める目的をも含むものである。そこでまず AISI-D2 を用いて疲れ強さにおよぼす表面粗さの影響について実験を行なったのでここに報告する。

## 2. 供試材および試験方法

### 2.1 供試材

疲れ試験に用いた素材は 6 t 塩基性電気炉で吹製され 25.4 角に熱間圧延され、850°C で焼鈍されたものを使用した。Table 1 は疲れ試験に用いた素材の化学成分である。実験に用いた疲れ試験機は小野式回転曲げ疲れ試験機であり、常温にて試験を行なった。この試験機に用いる試験片の寸法は Fig. 1 に示す。焼鈍後この形状寸法におのおの 0.5 mm の削りしろをつけ荒仕上げを行なった後 1050°C × 1hr で油焼入れをし、200°C × 1hr にて焼戻しをほどこし、硬度を H<sub>R</sub>C 61 にした。この場合の機械的性質として抗折試験の結果を示す。試験片は 5 φ × 70 l, 支点間距離 50 mm 中央一点荷重により試験を行なった。その結果、硬度 H<sub>R</sub>C 61 で破断荷重 300 kg, たわみ 1.4 mm, 吸収エネルギー 210 kg であつた。これより公称破断応力を算出すると  $\sigma_B = 305 \text{ kg/mm}^2$  となる。

この素材の介在物の量の測定結果は JIS 法では、圧延方向の面では  $d_{A_{60 \times 400}} = 0$ ,  $d_{(B+C)_{60 \times 400}} = 0.021$ , 圧延方向に直角の面では  $d_{(A+B+C)_{60 \times 400}} = 0.025$  であり、測定の際観察された介在物最大径は 10 μ であつた。

### 2.2 試験方法

回転曲げ疲れ試験には同一素材からの AISI-D2 を用い、Fig. 1 に示した同一寸法で試験片の平行部のみ Table 2 に示す通りに表面状態を変えた。各粗さの状態は小坂式触針表面粗さ計で粗さの最大量を試験片の縦方向に針を移動して測定した。

各仕上げ方法について説明する。センタレスグラインダー (200番) 仕上げ, 1000 番エメリーペーパー仕上げ

Table 2. Finished surface and fatigue limit.

Finished surface	Roughness $H_{max}$ (μ)	Fatigue limit (kg/mm <sup>2</sup> )
Centerless grinder	#200	28
Emery paper	#1000	31
Emery paper	#1000	32
Buffing	0.3	27
Electropolishing	2	25
Chrome plating	0.3	29
Chrome plating (baked)	0.3	33

は試験片の円周方向に磨き上げたものである。1200番エメリーペーパー仕上げは先の 1000 番エメリーペーパー仕上げの後試験片の縦方向に 1200 番エメリーペーパーで仕上げたものである。パフ研磨仕上げは 1200 番エメリーペーパー仕上げの後酸化クロムのパフ研磨を円周方向に行なつたものであり、酸化クロムの濃度が大きいため粗さが 1000 番エメリーペーパー仕上げと同じくらい認められた。また電解研磨仕上げは 85%リン酸液 1000 cc 1000 番エメリーペーパー組成の液を使用し、液温 60°C, 電流密度は 120 A/dm<sup>2</sup> にて 3 min 間電解研磨を行ない、マイクロメーターで測定して 0.1 mm 研磨をほどこした。電解研磨面ではマトリックスの部分が溶け、炭化物、介在物が浮き出てかなり荒い面となつた。硬質クロムメッキの際のメッキ液の組成は無水クロム酸 250 g/l, 硫酸 2.5 g/l であり、条件として液温 42~45°C に保ち、電流密度 30 A/dm<sup>2</sup> で約 60 sec 間メッキをほどこし、0.05 mm の硬質クロム層を作つた。なおメッキ作業中、鋼表面に吸着される水素によるぜい化作用のための疲れ強さの低下、またメッキ層内に生ずる引張残留応力による疲れ強さの低下を取り除くためにメッキ後 180°C × 2hr のベーキング処理も行なつた。

## 3. 試験結果

おのおの表面状態を変えた疲れ試験片は小野式回転曲げ疲れ試験機 (回転速度 3290 R.P.M.) を用いて実験を行なった。Fig. 2 は疲れ試験の結果を S (応力振巾)-N (繰返し回数) 曲線に示したものである。また Table 2 に示した各表面仕上げによる最大粗さと繰返し荷重寿命との関係を図示したものが Fig. 3 である。

これらの結果から表面粗さを変えた 1200 番エメリーペーパー仕上げ, 1000 番エメリーペーパー仕上げ, センタレスグラインダー仕上げ, 電解研磨仕上げでは粗さが大きくなるにしたがつて段々に疲れ強さが低下した。またパフ研磨仕上げでは S-N 曲線における各点にばらつきが多く、これらの点を平均すると粗さの小さい割にはやや低い S-N 曲線となつた。

表面にクロムメッキをほどこした場合には Fig. 3 の粗さと繰返し荷重寿命の関係に示してあるように 60 kg/mm<sup>2</sup> の場合には繰返し寿命が約  $1.6 \times 10^4$  であり、ま

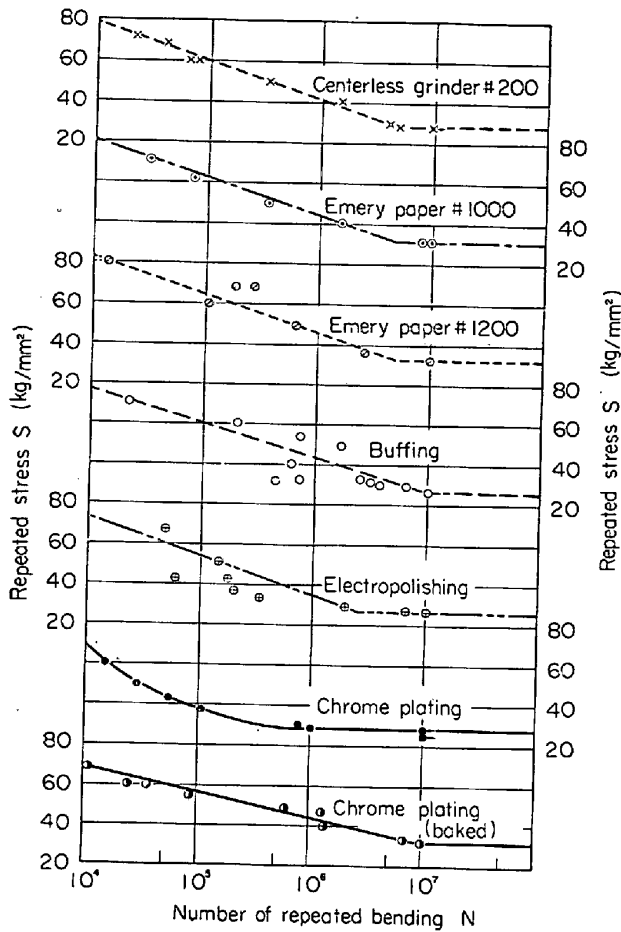


Fig. 2. Results of fatigue testing.

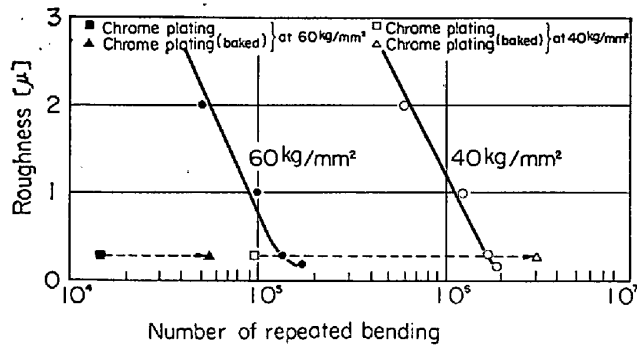


Fig. 3. Relation between roughness and number of repeated bending.

た 40 kg/mm<sup>2</sup> の場合には 9.5 × 10<sup>4</sup> であり、表面粗さのみ変えた場合に比べて、著しく疲れ強さの低下が認められた。しかし疲れ限度においては 29 kg/mm<sup>2</sup> の値を示し、他の場合とあまり差は認められなかつた。

一方、ベーキング処理 (180°C × 2hr) をほどこしたものは Fig. 3 に示すように、ベーキング処理のないメッキのままの場合と比べると 60 kg/mm<sup>2</sup> の荷重では繰返し寿命が約 1.6 × 10<sup>4</sup> から約 5.5 × 10<sup>4</sup> と約 3.5 倍延びており、また 40 kg/mm<sup>2</sup> の荷重でも約 9.5 × 10<sup>4</sup> から約 3 × 10<sup>6</sup> と 30 倍も延びている。そのようにベーキング処理のしてあるものはメッキによる疲れ強さの低下は認められず、むしろメッキのない同程度の粗さをもつ試

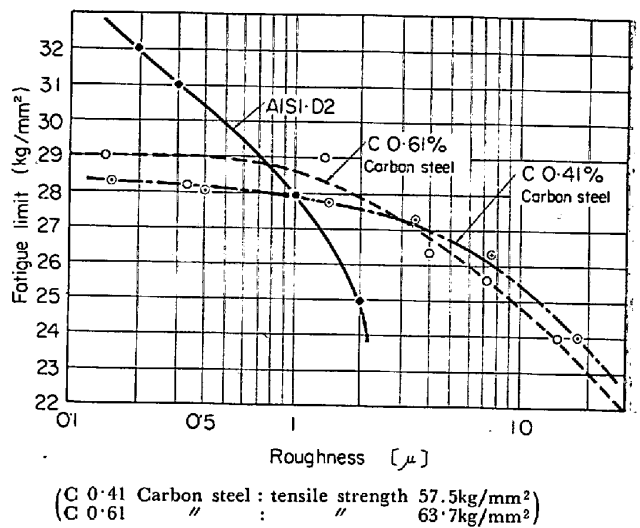


Fig. 4. Relation between fatigue limit and surface roughness.

験片より疲れ限度付近ではまさつている値を示した。

4. 考 察

4.1 表面粗さと疲れ強さについて

以上の試験結果から一般に表面粗さを少なくすると、その疲れ強さが向上することが確認された。Fig. 4 に C 0.61% 炭素鋼 (引張強さ 63.7 kg/mm<sup>2</sup>)、C 0.41% 炭素鋼 (引張強さ 57.5 kg/mm<sup>2</sup>)<sup>2)</sup> と実験に用いた AISI-D2 の表面粗さと疲れ限度との関係を比較したが、この図によると AISI-D2 は表面粗さによる疲れ限度の低下が炭素鋼に比べて急である。特に 1.5 μ 以上の表面粗さでは AISI-D2 は疲れ限度が著しく低下している。それに反して硬度の低い炭素鋼では表面粗さが 2 μ ぐらいまでは表面粗さによる疲れ限度の低下はあまり認められず、また 2 μ 以上の粗さを与えても AISI-D2 ほど急激な疲れ限度の低下は起こらない。これによつて、高硬度材の材料は低硬度材に比べて疲れ強さにおよぼす表面粗さの影響は顕著であることがわかる。

4.2 表面仕上げ程度の不揃いの影響について

Fig. 2 の疲れ試験の結果を見ると大体に各点のパラッキが少ないがパフ研磨仕上げ、電解研磨仕上げには幾らかのパラッキが認められる。表面粗さの小さいパフ研磨仕上げの組の方が、表面粗さが大きく不揃いが多いと考えられるセンタレスグラインダー仕上げよりもばらつきが大きい。このことはパフ研磨の際のわずかな傷、試験機にとりつける際の傷などが原因として考えられる。もし試験片平行部に一部分でも傷があれば、その部分に応力集中を起し、応力集中のために疲れ強さが低下する。したがつて、仕上げが良好でも傷が一カ所でもあると疲れ強さの低下が起り、疲れ寿命のパラッキが大となる。このことは横堀らの実験<sup>3)</sup> で統計的判断から「一定応力振巾に対し疲れ寿命のばらつきは表面仕上げ程度の良いものほど大きい」といわれていることと一致する。

4.3 メッキの影響

従来このメッキの影響についてはいろいろな原因が指摘されており、その主なものは

- (1) メッキ作業中に鋼表面に吸着される水素による

鋼のぜい化

(2) メッキ層内に生ずる引張残留応力などが考えられる。しかしこれらが疲れ強さの低下の因子としてどのように影響するか確定的な結論は得られていない。ベーキング処理後の S-N 曲線は疲れ限度がやや上り (33 kg/mm<sup>2</sup>), 50 kg/mm<sup>2</sup> の辺で反転してそれより高い荷重では他の S-N 曲線より低い値を示しているが、ベーキング処理の効果は顕著であった。このことからベーキング処理が大切なことがわかる。しかしベーキング処理の効果は水素によるぜい化を弱めるのか、または引張残留応力を弱めるのかは本段階では詳細に理解することはできない。

5. 結 言

以上 AISI-D2 の焼入、焼戻し材で平行部の表面粗さを変えた場合の回転曲げ疲れ強さを求めた。その結果をまとめると次のようになる。

1. 表面粗さを大きくすると AISI-D2 の疲れ強さは炭素鋼などの比較的軟かい材料の場合とは違って、その低下率が著しい。
2. 試験片表面にクロムメッキをほどこすと水素による母材のぜい化、メッキ層内に生ずる引張残留応力のために著しく疲れ強さが低下する。しかしベーキング処理をほどこすと疲れ強さは上がり、疲れ限度はメッキをしない場合よりも高かった。
3. 疲れ試験の研究における試験片の表面は試験片製作上の問題、粗さが小さくなると強さが向上すること、ばらつきが大きくなることなどを考慮に入れて最大表面粗さが 0.3 μ の試験片を使用することが望ましいと考える。

文 献

- 1) 日本機械学会編：金属材料疲れ強さの設計資料，(昭40. 9) p. 29 [日本機械学会]
- 2) 河本：金属の疲労，(昭37. 5)，p. 82 [朝倉書店]
- 3) 横堀：金属の疲労強度と安全設計， p. 41 [日本材料試験協会]

(221) 高張力鋼溶接継手の疲れ強さにおよぼす硬さ分布および入熱の影響

(高張力鋼溶接継手の疲れ強さ低下原因に関する研究—I)

八幡製鉄，技術研究所

○高橋賢司・高島弘教・伊藤昭典

Effect of Hardness Distribution and Heat-input on Fatigue Strength in Butt Welded Joint

(Studies on fatigue strength of welded joint in high tensile strength steels—I)

Kenji TAKAHASHI, Hironori TAKASHIMA and Akinori ITO

1. 緒 言

溶接性高張力鋼母材の疲れ強さは、十分高い値をもつ

にもかかわらず、その溶接継手は溶接まではきわめて低い値を示し、50キロ-100キロ級いずれの鋼種も片振り引張で 20 kg/mm<sup>2</sup> 前後の低い疲れ限度を示し、軟鋼溶接継手のそれと大差はなく<sup>1)</sup>、数多くの研究で、繰返し荷重下にある溶接継手においては、高張力鋼の特長がほとんど失なわれると報告<sup>2)</sup>されている。したがって、使用目的によつては、きわめて不利であり、工業的に重要な問題と考えられているが、この低下の原因を分解し、系統的に研究した例は非常に少ない。

この疲れ強さの低下原因としては、(1)溶接部の組織変化に伴う硬さ変化、(2)軟化部、(3)溶接部の切欠き感受性、(4)余盛形状、溶接欠陥、(5)表面状況(酸化、脱炭層ほか)などが、またとくに溶接構造物については残留引張応力が考えられる。本研究は、これらをそれぞれの影響をできるだけ単独にとりだして調べ、その基本的低下原因を明らかにしようとしたもので、本報ではまず冶金切欠きと称せられている上記(1)および(2)についての実験結果を述べる。

2. 硬さ分布と疲れ強さ<sup>3)</sup>

峰久<sup>4)</sup>は溶接継手の疲れ強さの低下原因を組織の不均一に伴う硬さ変化に起因すると考え、これを断面積不均一のために生ずる形状の切欠きと同様に扱ひ、いわゆる冶金的切欠きを形状の切欠きに直した等価試験片によつて、溶接継手の疲れ強さが求められると推定した。

溶接継手の疲れ破壊は、実際溶接部熱影響部の硬さ変化が急激な位置で、しかも軟化部で生ずる場合が多い。そこで、われわれは、このような硬さ変化が溶接部の低い疲れ強さの決定的な起因となつているか否かを調べる目的で、残留応力、形状変化その他の影響をできる限り排除して、試験片に組織変化に伴う硬さ変化のみ与えてそれが疲れ強さにおよぼす影響を検討した。

2.1 供試材および実験方法

供試材は 50 キロ級、60 キロ級、80 キロ級高張力鋼で、厚さ 20 mm 鋼板を用いた。その化学成分と機械的性質 (JIS 4号引張試験片) を Table 1 に示す。

熱サイクル再現装置により、Fig. 1 中の形状をもつ第 1 次試験片に同図中 A, B, C の熱サイクルを与えた。熱処理された第 1 次試験片より、平行部長さ 50 mm の回転曲げ平滑疲れ試験片を切削により製作した。平行部

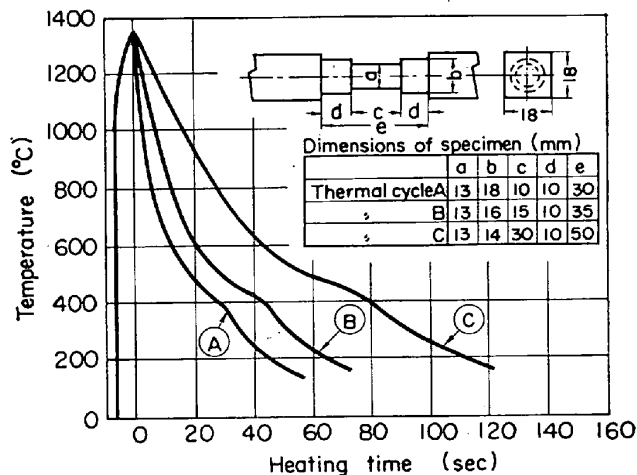


Fig. 1. Thermal cycle diagram of specimens.