

鉛の影響が現われる様である。何れの場合も高周波焼入の方が値小さくこれは組織から考えて理解される事柄である。

6. 耐摩耗性

ずぶ油焼入、火焰焼入を施した(1)および(1F)の耐摩耗性を比較するため SNC 21 滲炭油焼材を相手として西原式試験機により磨耗試験を行つた。試片は(1)および(1F)を径 40mm に据込み鍛造、焼鈍の後西原式リングを作り(外径ヘール仕上)火焰焼入、或いはずぶ油焼入を行つた。SNC 21 は 19.0kg 鋼塊を径 60mm 迄分塊圧延後、焼鈍を行つてリングに加工、滲炭油焼入を施した。(1)および(1F)の火焰焼入は上記圧潰試験と同一であり、ずぶ焼は 850°C 油冷、180°C 3h 戻でリング硬度は(1)および(1F)共 Rc. 57~59 であり SNC 21 は滲炭約 1mm で一次 880°C、二次 830°C 油焼入後 180°C 3h 焼戻を行い硬度は Rc. 54~56 であつた。磨耗条件は荷重 50kg、滑り 30~40%、回転速度 420 r.p.m., 潤滑にモビール油使用、上部に試験材、下部に相手材を装置した。磨耗試験結果を Fig. 1 に図示する。

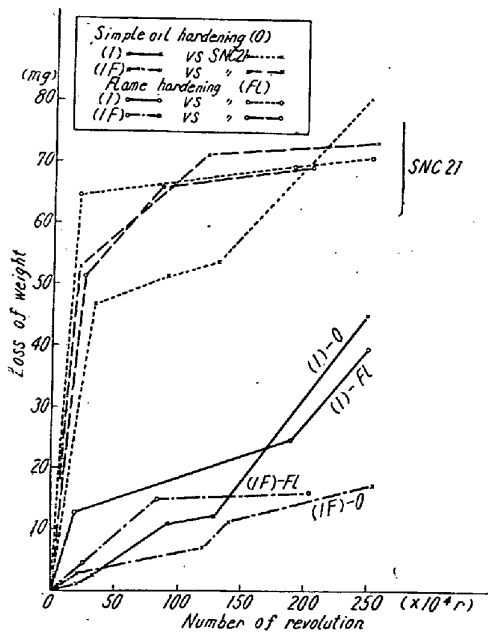


Fig. 1. Abrasion testing result.

何れの場合も相手材となつた肌焼滲炭材は磨耗量多くずぶ焼、火焰焼入共(1F)の方が(1)より若干耐摩耗性のよい結果が出されている。この場合各々の相手材は熱処理により逆の関係になつている。

IV. 結 論

1. 焼入性および熱処理硬度に対して 0.1~0.2% の Pb は全く影響をおよぼさない。この事は過去数十チャ

ージの無鉛およびそれに相当する含鉛快削鋼のジョミニ試験および熱処理試験の統計結果と一致する。

2. 熱間加工性についてもこの範囲の Pb の添加は全く影響をおよぼさない。この事は鉛快削鋼が無鉛相当鋼と同一の作業標準で分塊、圧延される事柄で裏付けされている。

3. 熔接時酸化鉛の蒸気により煙立ち若干多く溶込性も幾分多い様であるが作業上大した支障はない。

4. 衝撃値は 400°C 以下の焼戻しにおいて含 Pb が上位にあり 400°C 附近の降下が見られ、また 600°C 附近の焼戻しで幾分衝撃値が低位の結果が出たが、この点に関しては物理的な他の要因を含めて今後続けて検討を進める必要がある。

5. 焼入深度の深い試片について鉛は幾分圧潰値を減ずる作用をおよぼす様である。従来軸受鋼の圧潰試験においても熱処理後の圧潰値は統計的に見て約 5% 程含鉛軸受鋼の方が値が低いがこの点は Pb の分布平衡度と関連するものと考えられる。

6. Pb の被削性は決して耐摩耗性を減ずる結果を導かない。耐摩耗性は表面硬度および仕上面に影響するが Pb は耐摩耗性により結果を与える様である。表面層に均一に分布された鉛が接触摩擦に対して果して潤滑的働きをするのか、この点磨耗機構と快削鋼の組織的な関係を研究して行く積りである。

(110) 鉛快削鋼の研究 (III)

(含鉛低 Ni-Cr-Mo 鋼のギヤ材としての検討)

Study of Leaded Free Cutting Steels
(Consideration on the Leaded Low Ni-Cr-Mo Steel Applied for Gear Materials)

Tooru Araki, et alius

大阪特殊製鋼 K. K.

工〇荒木 透・工 小柳 明
工 大橋 久道

I. 緒 言

従来の滲炭処理ギヤは組織的熱的歪の問題を宿命的に有している。この問題の解決のために表面焼入用中炭素合金鋼が考えられるのであるが実際に使用するためには単に歪の問題のみならず被加工性、強度、耐摩耗性、経済性等種々の要因が含まれ簡単に割り出す事ができない。またそれらの要因がどの程度必要であるかが、まだ

Table 1 Chemical composition of specimens tested.

| Type | Symbol | Chemical composition (%) | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|--------------|-----|------|--------|
| | | C | Si | Mn | P | S | Ni | Cr | Mo | Pb | Cu | Ti | B | |
| Leaded Ni-Cr-Mo steel | 8645+Pb (JIS-SNCM7+Pb) | (1FB) | ·49 | ·27 | ·93 | ·028 | ·021 | ·54 | ·55 | ·30 | ·18 | ·20 | <·05 | ·002~3 |
| | | (2FB) | ·43 | ·15 | ·87 | ·026 | ·015 | ·66 | ·55 | ·21 | ·15 | ·20 | 〃 | 〃 |
| | | (3FB) | ·47 | ·26 | ·93 | ·013 | ·019 | ·59 | ·56 | ·17 | ·10 | ·18 | 〃 | 〃 |
| | | (4FB) | ·45 | ·29 | ·96 | ·028 | ·021 | ·62 | ·50 | ·23 | ·18 | ·20 | 〃 | 〃 |
| | | (5F) | ·44 | ·33 | ·93 | ·020 | ·010 | ·60 | ·51 | ·24 | ·12 | ·22 | — | — |
| | | (6FB) | ·45 | ·23 | ·76 | ·018 | ·010 | ·58 | ·43 | ·16 | ·10 | ·15 | <·05 | ·002~3 |
| | (SNCM9+Pb) | (7F) | ·53 | ·31 | ·62 | ·023 | ·018 | 1·71 | ·55 | ·22 | ·15 | ·14 | — | — |
| JIS-SCM21 (SH85B) | X | ·15 | ·28 | ·75 | ·015 | ·012 | ·11 | 1·11 | ·22 | — | ·22 | — | — | |
| | R | +·03 -·02 | +·07 -·15 | +·09 -·11 | +·08 -·03 | +·06 -·06 | +·03 -·03 | +·09 -·13 | +·04 -·04 | — | +·04 -·04 | — | — | |

明確に解明されていない今日、吾々が新しいものにギヤ材としての価値を見出すためには従来広く実用されている滲炭ギヤ材と比較するのが最も早道と考えられる。幸い京大鉦山機械教室およびダイハツ池田工場の協力を得て低 Ni-Cr-Mo 鉛快削鋼と SCM 21 (旧 SH 85 B) を取り上げギヤ材としての下記の要因につき個々比較検討を行った。

1. 被切削性
2. 熱処理
3. 基礎的材料強度
4. 歯車強度

II. 供試材

Table 1 に供試材 (含鉛 Ni-Cr-Mo 鋼と SCM 21) の化学成分を示す。

SCM 21 は平均値と偏差のみを示した。なお上記何れも鋼塊は 190 kg 型である。

III. 各種実験結果

1. 被切削性

a) 穿孔: 一定荷重の自由落下によるドリル穿孔試験を (3FB) および SCM 21 焼鈍材について行った。径 30mm 高さ 10mm の試片を (3FB) 硬度 BHN 212 および BHN 187 と SCM 21 BHN 163 の 3 種について夫々 100 ケ作製し、荷重 44 kg 周速 9·8 m/mn にて径 7·2mm 深さ 5mm の穿孔を行い (ドリル JIS ハイス 2 種) 連続的に穿孔を続けて一穿孔所要時間と穿孔個数の関係を求め作業能率を導いた。この結果ドリルを全寿命使用した時の能率は SCM 21 と (3FB) BHN 212, および 187 の比が 100/122/160 であり、SCH 21 と同一ドリル損失を保った時の能率比は 100/138/190 であった。

b) 旋削: 8 尺旋盤にて (4FB) および SCM 21 径

60mm の試験材をタンガロイ S1 およびハイス 4 種のバイト比較切削を行った。(4FB) 焼鈍 (BHN~180) 熱処理 (BHN~230) の 2 種, 対称 SCM 21 は焼準 (BHN~180) 材でタンガロイの場合 ($V=120$ m/mn, $t=3$ mm $S=0\cdot25$ mm/rev.) では 60 分切削後の 2 番磨耗は夫々 0·25 mm, 0·35 mm, 0·38 mm であり、またハイス使用の場合 ($V=40$ mm/mn, $t=0\cdot5$ mm, $S=4\cdot1$ mm/rev.) では同様 2 番磨耗は夫々 0·40 mm, 0·55 mm および 0·50 mm であつた。なお別に径 72mm の歯車型試片につきタンガロイ S1 にて端面切削試験を行った結果 ($V=250\sim96$ m/mn, $t=0\cdot5$ mm, $S=0\cdot2$ mm/rev. 一ヶ切削時間 6 Sec) 200 ケ切削後 (4FB) 焼鈍 BHN~180 は 2 番磨耗 0·21 mm, 一方 SCM 21 焼準 BHN~180 材は 0·32 mm であつた。

c) 歯切り: ギヤシューパーによる歯切り加工性を調べるため、(4FB) 焼鈍 (BHN~180), (6FB) 不完全焼鈍 (BHN~230), および SCM 21 焼準 (BHN~180) 各試験歯車 ($M=2\cdot5$, $Z=25$, $\alpha=20^\circ$, $b=15$ mm) についてハイス 3 種の Cutter で平均切削速度 13 m/mn にて歯切り試験を行った結果 Cutter の同一 2 番磨耗に対する切削歯車個数は (6FB) が SCM 21 の 1/3·5 であつたが完全焼鈍を施した (4FB) は SCM 21 とほぼ匹敵していた。なおこの関係を更にくわしく調べるため (7F) 熱処理 (BHN~230) と SCM 21 焼鈍 (BHN~180) の試験歯車 ($M=3$, $Z=23$, $\alpha=20^\circ$, $b=15$ mm) を高速ホブ盤で歯切り試験の結果高速切削 (53 m/mn) の場合、(7F) の方が歯切り加工性の優れていることが判明した。

2. 熱処理

a) 焼入性 (1FB) より、(4FB) 迄の Jominy 試験結果は個々バラツキ量少なく B 効果により水冷端より

Table 1 Comparison of mechanical properties after heat treatment

| Type | | C | Si | Mn | P | S | Ni | Cr | Mo | Pb | Y.S. kg/mm ² | T.S. kg/mm ² | E.R.A. % | S.V. kg m/cm ² | Hard. BHN | Heat treat. | |
|--------|-----------|-----|-----|-----|------|------|-----|------|-----|-----|----------------------------|----------------------------|-------------|------------------------------|--------------|----------------|---------------------------|
| 8645FB | X n=5 | .46 | .28 | .89 | .023 | .017 | .60 | .52 | .21 | .14 | 92.7 | 104.6 | 17.8 | 52.9 | 8.3 | 311 | 8500.q 600 t |
| SCM21 | X n=10 | .14 | .27 | .75 | .019 | .011 | — | 1.15 | .23 | — | 74.8 | 88.0 | 20.8 | 49.2 | 13.2 | 255 | 8800.q 8300.q 180 t |

40mm で Rc~43 で、これは SCM 21 の 1mm 点に相当している。また (3FB) と SCM 21 滲炭の外径 30mm, 内径 20mm, 長さ 20mm のリングをずぶ油焼入, 高周波, および火焰の 3 種の焼入れを施した後, 微小硬度計により外層よりの硬度分布を調べた所 (3FB) のずぶ焼および火焰焼入は中心に至る迄ほぼ一定安定硬度を保っているのに対して SCM 21 の滲炭焼入は中心部に至る迄不安定なバラツキを示している。また (4FB) と SCM 21 滲炭の実際歯車の歯の断面硬度を調べると硬度バラツキは、滲炭 > (4FB) 高周波 > (4FB) 火焰であり歯元硬度はこの逆に高くなっている。

b) 表面硬度 (3FB) についてずぶ油焼, 火焰, および高周波焼入を行い種々の検討の結果, 焼戻後の硬度は焼入方法に関係なく平均 Rc 56~57 であり, 若し硬度が Rc 60 附近を要求するならば C%~0.50 が必要な事が判った。

c) 熱処理歪 (4FB) 火焰, 高周波および SCM 21 滲炭油焼の 3 種の歯車 (M=4, Z=18, α=20°, b=10mm) について内径縮少寸法, 歯型綜合偏心, およびピッチ誤差を求めた所, 夫々歪量の比は 3.5/2.5/10, 1/2/5, および 2/3.5/5 で滲炭ギャーは最も歪量が多かった。

3. 基礎的材料強度

a) 引張および衝撃試験: Table 1 に (1FB)~(4FB) と (6FB) の 5 チャージおよび SCM 21 最近 10 チャージの平均値を表示する。

歯車の Core 強度を代表する標準熱処理においては Table 1 に示す如く降伏点, 抗張力共に 20~25% 含鉛 8645 鋼の方が大きいが衝撃値について, かなりの差がでている。しかし肌焼鋼は滲炭後の衝撃値が問題であり, この点下記 Izod および Charpy 試験で検討を進めた。

b) Izod 試験: (3FB) 高周波, 油ずぶ焼, および SCM 21 滲炭油焼 3 種の試料を何れも低温焼戻後, Izod 試験を行った結果平均夫々 4.7, 3.9, 2.5 ft-lb で滲炭材は熱歪と C 濃度勾配のために衝撃値の低減が見られた。

c) 圧潰試験: 含鉛 8645 鋼の圧潰強度を調べるため, (3FB), および SCM 21 滲炭のリングを各々ずぶ油焼, 高周波, および火焰焼入後低温焼戻して圧潰試験を行った。何れの熱処理でも含鉛 8645 鋼の方が 25~50% 値が高く, またこの場合, 火焰 > ずぶ焼 > 高周波の順となつている。なお表面焼入加熱時間による圧潰値の差がみられ組織的に興味ある問題が残されている。

4. 歯車強度試験

歯車の如く特殊形状でしかも絶えず動的負荷を受けて回転する部分には基礎的材料強度の外実際歯車の材料力学的強度試験が必要となり, (4FB) および SCM 21 の試験歯車 (M=4, Z=18, α=20°, b=10mm) について静的曲げ試験および衝撃試験を行った。静的曲げ試験は 10t アムスラー試験機に 2 枚の上下顎を取付け 3 枚の歯を挟んで加圧し荷重-撓み曲線を求めまた衝撃試験は Charpy 試験機に歯車を取付けて行った。Fig. 1 にその結果を図示するが図中 σ は材料力学的に求めた最大公称応力である。

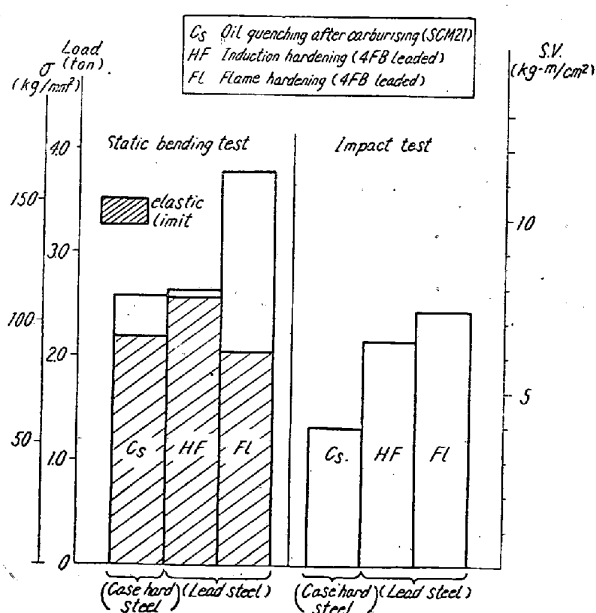


Fig. 1. Results of bending and impact test of gears.

Fig. 1 に示す如く弾性限は (4FB) 高周波が最も高く破断荷重は滲炭材が最低値を示している。即ち (4FB) 高周波は滲炭歯車より、偶発的な衝撃荷重に対しても塑性変形を起し難く強度的に安定を示し (4FB) 火焰は破断強度高く、また一方衝撃値より見れば何れも滲炭歯車の倍近くの値を示し、これは Izod 試験結果と同様組織的に理解される事柄である。

IV. 結 論

1. 含鉛 8645 鋼の被切削性は BHN~200 以下では非常に効果を発揮し、穿孔、旋削何れの場合も同硬度以下の SCM 21 より優れ、歯切りも匹敵している。なお BHN~230 附近でも穿孔性は優れ、旋削もほぼ同程度で問題の歯切り加工も切削速度を上げれば BHN~180 の SCM 21 より優れ、この点高速生産化に対して大きな有利性を示している。

2. 熱処理後硬度分布からいえば含鉛 8645 鋼のずぶ油焼および火焰焼入は深く迄安定硬度を示し、歯の根元迄比較的均一で滲炭材の如く不安定なバラツキを示さず歯の根元硬度が高い、一方熱処理による歯車変形は滲炭歯車の場合に比べて非常に少ない。

3. ギヤ材としての含鉛 8645 鋼は、肌焼鋼に比して、強度高く、コアのみの衝撃値はやや低いが表面焼入後の状態を滲炭肌焼鋼製と比較すると逆に倍近くの衝撃値を示す。また高周波焼入歯車は弾性限高く強度的に安定であり、一方火焰焼入の場合は非常に高い破断荷重を有している。なお歯車の動的疲労強度および耐磨耗性については SCM 21 滲炭ギヤとの比較を目下試験中である。また上試料 (4FB) を転位歯車 (火焰焼入) として実際の三輪車に取付け、実用試験に供しているが約 9,000 km 走行後調査の結果全く異状みとめられず現在約 12,000 km 走行中である。

(111) 鉄のシリコナイジングに関する研究 (I)

(Siliconizing of Iron.)

M. Someno, et alii

東京工業大学

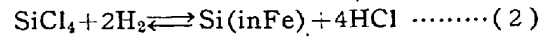
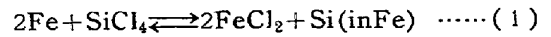
理博 河上 益夫・工〇染野 檀
工 水 野 晴 彦

〔要旨〕 鋼の珪素滲透法には種々の方法があるが、本報告では SiCl₄ を利用するものであつて、特に化学反応に重点をおいて実験した結果について報告す

る。

実験は市販の SiCl₄ を水素、窒素およびその混合気体で稀釈したものを雰囲気とし試料は極軟鋼、炭素鋼、クロム鋼を用い重量変化と珪素滲入深さを測り珪素分析と顕微鏡的観察を行つた。

シリコナイジングに関する化学反応として考えられるものは次の如きである。



(1) 反応によれば重量減少を、(2) 反応では重量増加を示す筈である。

(i) 雰囲気の影響

雰囲気として窒素または水素を用い、試料としては 0.125 mm の鉄板を用いて種々の温度で 1 時間加熱した。その重量変化を見るに、窒素の場合は約 900°C より著しい重量減少を示し (1) 反応の進行が期待されるに反し、水素雰囲気では 700°C より重量増加を来たし約 950°C で最大値を示し次第に重量増加量は低下する。これは (2) 式とその他の反応が同時に起つてゐることを暗示する。

(ii) ガス流速の影響

窒素雰囲気中では重量減少量は最初急激に低下しついで大体一定値に到達する。水素雰囲気中では最初重量減少を、ついで急激に重量増加を示し一定値に達する。

(iii) N₂/H₂ の混合比の影響

窒素に水素を混入すると SiCl₄ 30% を含む場合、水素 10% 以下では重量減少を、それ以上では重量増加を示した。

(iv) 処理温度および時間の重量変化および滲入深さにおよぼす影響。

イ) SiCl₄ の濃度が大きくなれば重量変化および滲入深さは増加するが必ずしも比例しない。

ロ) 処理温度の影響は窒素中では 900°C 以上で特に顕著であり、水素中では 700°C より著しい重量増加を

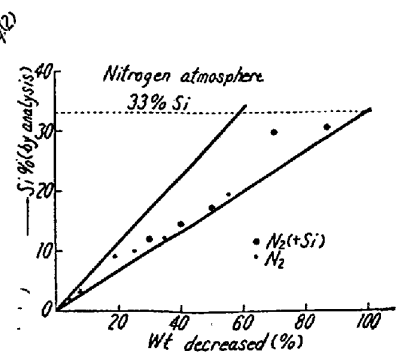
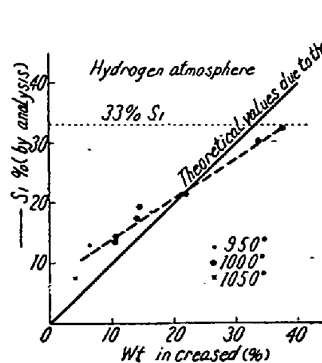


Fig. 2

Fig. 1