

が少いにかかわらず同等以上の傾向を示す。伸びはこの実験の応力-歪み曲線を精査した処によると絞りを除外した均一伸び率には何れもL方向について大きな影響は認められなかった。絞りのみが300°C 辺の温度で低下し同時に著者の他の実験によれば疲労限、転動寿命<sup>2)</sup>などにこの辺の温度の影響が著しく見られるのは鋼の歪硬化および時効特性と関係しているものと判断される。すなわち局部絞りにより歪時効硬化が著しくなる段階において液状の Pb, Bi などの介在による微視的歪緩和作用が働く。また同時に応力集中部における微小空隙内の融解体とマトリックスとの界面張力の低下による潤れ現象も内部切欠きを促進する効果が考えられる。この場合 Pb, Bi あるいは複合物の融点(微粒の場合は bulk より若干低下している)と脆性温度との関連も一つの見方を与えるが、含蒼鉛の場合その温度範囲が広がっていることは注目される。銀は固体粒として作用するために以上の効果が見られないと考えられるが鉛と複合した場合には当然鉛と同様の挙動を示した。含硫黄系においては硫化物による異方性強調が以上の金属性介在物よりはるかに著しいものであるため同時に存在する鉛粒の効果がかくされた結果をえた。

文 献

- 1) 荒木透, 他: 鉄と鋼, 44 (1958) p. 1097
- 2) 荒木透, 他: 鉄と鋼, 43 (1957) p. 357
- 46 (1960) p. 1379

669,14,018,252,2=669,154-194  
 =620,172,2=620,178,39

(123) 鉛快削鋼の疲労特性

(鉛快削鋼の研究—X)

大同製鋼研究所 63313  
 工博 浅田千秋・○藤原達雄・福井彰一

The Fatigue Property of Leaded Free-Cutting Steel. 1492~1494

(Study on the leaded free-cutting steel—X)

Dr. Chiaki ASADA, Tatsuo FUJIWARA and Shoichi FUKUI.

I. 緒 言

鋼の機械的性質を損うことなく被削性を向上するために鉛を添加することが行なわれるが、鉄に固溶しないで微細な粒として分散する鉛は非金属介在物と同様に鋼が外力を蒙った時に応力集中源として作用することが考えられる。疲労強度のごとく応力集中により鋭敏に影響される特性に対して鉛が普通の非金属介在物と同様の挙動を示すかどうかは実用上検討しておく必要がある。

この問題に関し従来にも多くの研究結果があるが、わ

れわれは鋼の切欠感受性との関連において鉛粒が切欠作用を示す可能性があるという見地に立つて鉛添加鋼の疲労特性を無鉛鋼のそれと比較して行なつた実験の結果について報告する。

II. 供試材および試験方法

供試材は Table 1 に示すごとき化学成分の強靱鋼および肌焼鋼である。

強靱鋼は熱間圧延により 18mm φ の丸棒とし、850°C 油焼入後各種の温度で焼戻して小野式回転曲疲労試験を行なつた。また肌焼鋼は厚さ 8mm, 巾 100mm の板とし、これより圧延方向および直角方向の試験片を切出し、ガス滲炭焼入焼戻を行なつてシエンク式平面曲疲労試験に供した。

回転曲疲労試験は 1800 または 3000 rpm, シエンク式平面曲疲労試験は 2900 rpm の応力繰返速度で常温で行なつた。

III. 実験結果

SCM 3 および SCM 3F で焼戻温度を変えた場合の機械的性質の変化を Fig. 1 に示す。鉛添加の有無に拘らず焼戻温度 200°C 以上では引張強さは焼戻温度の低

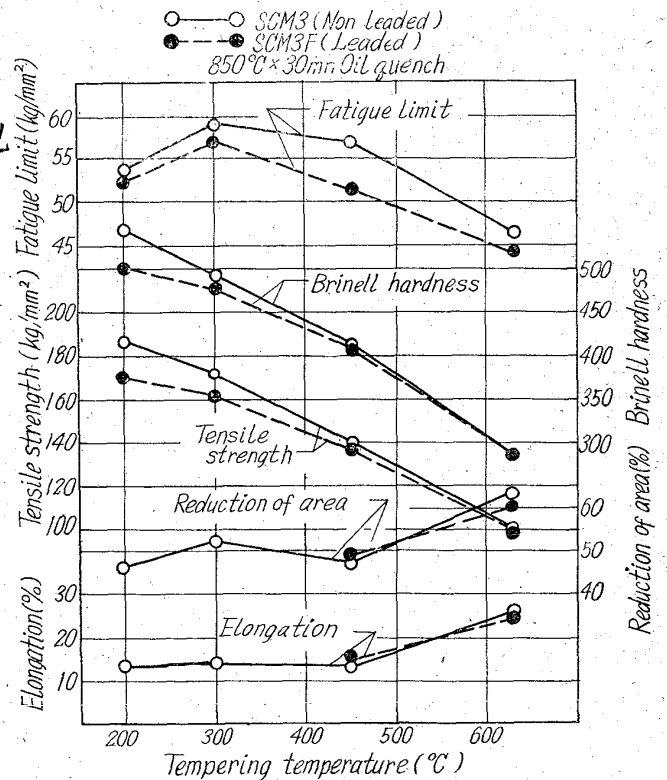


Fig. 1. Relations between tempering temperature and mechanical properties.

Table 1. Chemical compositions. (%)

Steel	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Pb
SCM 3	0.36	0.26	0.76	0.016	0.010	0.19	0.10	1.02	0.18	—
SCM 3 F	0.35	0.24	0.75	0.019	0.013	0.19	0.12	1.02	0.19	0.15
SCM 22	0.20	0.23	0.72	0.015	0.019	0.19	0.12	1.01	0.19	—
SCM 22 F	0.19	0.24	0.74	0.011	0.010	0.19	0.17	0.99	0.21	0.17

い方が高いが、平滑材の疲労限は焼戻温度 200°C より 300°C の方が高くなっている。焼戻温度 300°C 以上では焼戻温度の上昇に伴い疲労限は低下する。200°C 焼戻材は 300°C 焼戻材より引張強さが高いにも拘らず疲労限が低い原因としては残存するマルテンサイトの針状組織による応力集中、焼入により内部応力の残存、残留オーステナイトの影響などが考えられる。

同一温度で焼戻したものは鉛添加鋼の疲労限は無鉛鋼のそれより低いが、これは化学成分の相違などによる静的強度その他の影響があるので Fig. 2 に引張強さに対する疲労限の変化の様子を示した。Fig. 2 によれば引張強さ約 160 kg/mm<sup>2</sup> に疲労限の極大があるが、同一引張強さに対して引張強さの比較的低い所 (約 100 kg/mm<sup>2</sup>) では鉛添加鋼の疲労限は無鉛鋼に比して大差なく、引張強さが高くなるとその差はやや大きくなる。しかし引張強さ約 170 kg/mm<sup>2</sup> までの疲労限の差は最大 7 kg/mm<sup>2</sup> の程度である。鉛添加による疲労限の低下を鉛粒の切欠効果と考へて Fig. 3 の結果から切欠係数を計算すると Table 2 のごとくなる。

Fig. 3 に焼戻温度 450°C ( $\sigma_B \approx 137 \text{ kg/mm}^2$ ) および 630°C ( $\sigma_B \approx 98 \text{ kg/mm}^2$ ) のものについて 60° V 型環状切欠試片における応力集中係数と疲労限および切欠感度係数の関係を示す。鉛添加と無鉛鋼の平滑材における疲労限の差は切欠を付けることにより減少している。切欠感受性は引張強さの高い 450°C 焼戻材の方が大きい。また鉛添加鋼は無鉛鋼よりも切欠感受性が小さい。

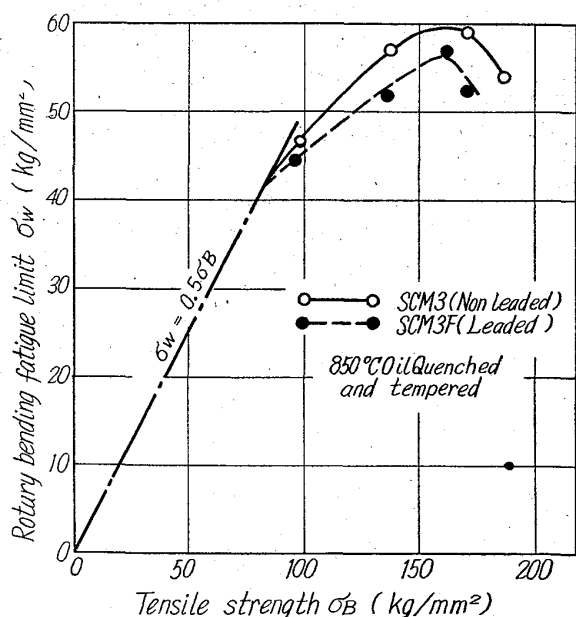


Fig. 2. Relations between tensile strength and fatigue limit.

Table 2. Notch effect of lead particles.

Tensile strength kg/mm <sup>2</sup>	Notch effect coefficient of lead particles
98	1.07
137	1.10
170	1.12

滲炭硬化層深さ約 1mm、表面ビッカース硬さ約 700 に肌焼した SCM 22 およびこれに鉛を添加した SCM 22 F について行なつた平面曲疲労試験結果を Table 3 に示す。切欠材の応力集中係数は 3.25 である。

肌焼材の場合鉛添加による切欠係数は圧延方向 1.06、直角方向 1.01 であり、また切欠材の場合は強靱鋼と同様に鉛添加による疲労限の低下は平滑材の時よりも少く、(直角方向疲労限)/(圧延方向疲労限)の値は平滑材および切欠材のいずれも鉛添加鋼の方が大きい。

IV. 考 察

鋼に鉛を添加することによつて生ずる疲労限の低下は引張強さが高い程著しいことおよび切欠材では鉛添加の影響が平滑材の場合より少ないことは鋼中に分散する鉛粒が応力集中源として作用すると考えらると定性的には理解できる。すなわち高抗張力に調質した鋼では切欠感受性が大きいので鉛粒による応力集中効果が一層顕著となり疲労限を低下せしめる。Table 2 の結果はこの意味で鉛粒の切欠効果を評価したものである。応力集中による

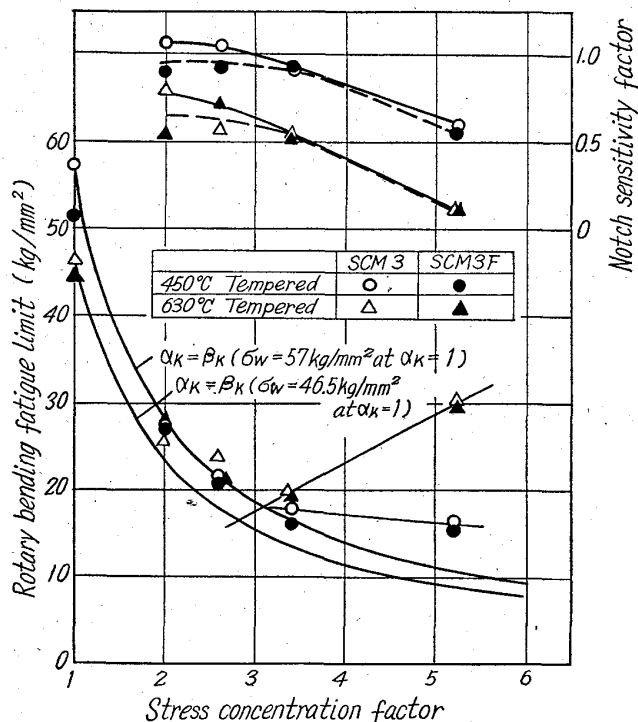


Fig. 3. Relations between, stress concentration factor and fatigue limit, notch sensitivity factor.

Table 3. Results of plane bending fatigue test.

Steel	Direction	F. L. for smooth speci* kg/mm <sup>2</sup>	F. L. for notched speci.** kg/mm <sup>2</sup>
SCM 22	Rolling direction	70	56
	Transverse	64	55
SCM 22 F	Rolling direction	66	53
	Transverse	63	54.5

\* Alternating test, \*\* Pulsating test

Stress concentration factor for notched specimen 3.25.

疲労限の低下は応力集中係数の小さい所で急激であり、応力集中係数が大きくなるにつれ双曲線的に少なくなる。従つて鉛添加による切欠効果は外部的な応力集中が大きい程影響の度合を減ずる。

鉛添加により疲労強度の圧延方向性が減じることについてはさらに非金属介在物や帯状組織などの応力集中源の配列方向と負荷応力の方向との関連性からこれらを前述と同様に考えれば容易に理解できる。

### V. 総括

SCM 3, SCM 22 およびこれらに鉛を添加したSCM 3F, SCM 22F について焼戻温度(引張強さ)の変化に伴う疲労強度, 切欠感受性の変化, 圧延方向性およびこれらにおよぼす鉛添加の影響について調べた。

鉛添加による鋼の疲労強度の変化の挙動を鋼中に分散する鉛粒の切欠効果として説明した。

鉛快削鋼は  $100 \text{ kg/mm}^2$  以上の高抗張力の場合, 無鉛鋼に比し疲労強度はやや低下する傾向にあるがその程度は比較的軽微で設計上若干の考慮を払えばその前後の静的強度で充分実用に耐えるものと考えられる。また疲労の切欠感受性についてはむしろ無鉛鋼に比べて有利である。

669.14.018.259:621.785.532  
(124) 実用ダイス鋼の窒化特性におよぼす前処理の影響 63314  
愛知製鋼 1494~1496  
赤沢唯一・宮川哲夫・鈴木三千彦

## Influences of Previous Heat Treatments on the Nitriding Inclination of Popular Hot Die Steels.

Ichi AKAZAWA, Tetsuo MIYAGAWA and Michihiko SUZUKI.

### I. 緒言

プレス型やダイカスト型などの熱間ダイスは高温, 高圧, 高速下で金属や合金の塑性流や溶融物と接触して高温摩耗や腐食を受ける。

これらのダイスに用いられる熱間ダイス鋼は中炭素合金鋼が多く, 材質的特徴としては焼戻抵抗が大きいため中高温でも比較的硬度の低下が少く, 耐熱強度が大きいことであるが, 硬度の絶対値を更に高くし, 中高温でも硬質かつ安定な表面処理が可能であれば, 表面処理をし

ないものより良好な結果が期待される。

従来高速度鋼および各種の工具鋼に対する窒化の研究は数多く行なわれているが, 前処理についての影響は余り見受けられない。

本報は数種の熱間ダイス鋼を焼入れ焼戻しの後液体窒化を行なう場合, 焼戻し温度が窒化特性におよぼす影響をみたものである。

### II. 実験方法

(1) 実験試料: Table 1 に示した5種の鋼を用いた。これらのうちで 5Cr-4C 鋼は実用的利用価値はなく, 窒化に対する成分的な比較のために供試した。DD 1 および SHD は 5% Cr を基とした Si-Cr-Mo-(W)-V 鋼でありそれぞれダイカスト型, ホットプレス型に使われている。スタンプハンマー型に使われる AFD 1, 2 は中炭素の (Ni)-Cr-Mo-V 鋼である。全ての試料は実験用高周波炉で溶製の後,  $1200 \sim 1250^\circ\text{C}$  で 10h 均質化処理を行なつて  $10 \text{ mm } \phi$  に鍛伸し供試材とした。

(2) 窒化の前処理: 5Cr-4C, DD 1, SHD の3種は  $880^\circ\text{C}$  で焼鈍を施し, 焼入れはそれぞれの鋼が最高硬度を示す温度すなわち 5Cr-4C 鋼は  $1000^\circ\text{C}$ , DD 1 および SHD は  $1030^\circ\text{C}$  油焼入を行なつた。鍛造用型鋼 AFD 1, 2 は  $780^\circ\text{C}$  で焼鈍後それぞれ  $850^\circ\text{C}$  および  $900^\circ\text{C}$  から油焼入れした。全試料の焼戻しは  $550^\circ\text{C}$  および  $600^\circ\text{C}$  の2種を採用した。

(3) 窒化処理: 各実験のサイクル毎に日豊化学研究所製 N-4 ソルト (NaCN 30%, m.p.  $350^\circ\text{C}$ ) を  $80 \phi \times 250 \text{ mm}$  のポット中で溶融し  $1 \sim 10 \text{ h}$  迄の各時間窒化後空冷した。窒化温度は  $500, 550, 600^\circ\text{C}$  の3種で行なつた。試料は窒化前にバフ研磨を行ない  $8 \phi \times 16 \text{ l mm}$  とし, アルコール, 四塩化炭素, エチルエーテルの順序で十分洗滌した。

(4) 窒化後の諸測定: 先づ窒化前後の重量をメトラの化学天秤で測定し窒化による重量増加を測定した。表面硬度および内部への硬度分布は明石マイクロピッカー硬度計にて測定した。また別に 10% Nital 液にて腐食して現れる窒化深さを顕微鏡で測定した。

窒化層は反射電子回折により窒化生成物の同定を行なうと同時に光学顕微鏡組織および電子顕微鏡組織などを観察した。窒化層の耐熱性については窒化後  $600^\circ\text{C}$  まで再加熱して高温硬度および再加熱後の常温硬度を測定した。

### III. 実験結果

(1) 窒化による重量増加について: 各窒化温度での

Table 1. Chemical constituents of specimens.

Designation of specimen	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Sol Al	General application
5Cr-4C	0.37	1.10	0.55	0.09	5.10	nil.	nil.	nil.	0.076	
DD 1	0.40	0.93	0.33	0.10	4.85	1.40	nil.	0.39	0.007	Die casting dies
SHD	0.40	0.98	0.36	0.12	5.03	1.48	1.32	0.89	0.024	Dies for hot forging press
AFD 1	0.55	0.28	0.78	0.09	1.24	0.37	nil.	0.22	0.023	Dies for drop hammer
AFD 2	0.53	0.33	0.78	0.48	1.30	0.42	nil.	0.21	0.020	Dies for drop hammer