

IV. 早期寿命試験について

筆者が前々回報告した早期寿命試験機²⁾でもって、荷重条件 $P_{\max} = 500 \text{ kg/mm}^2$ の下で寿命試験を各試料についておのおの約 30 本実施した。そして“flaking”が発生するまでの繰返回数のデータを統計的に処理した結果を Fig. 3 に図示する。横軸は繰返回数の対数値、

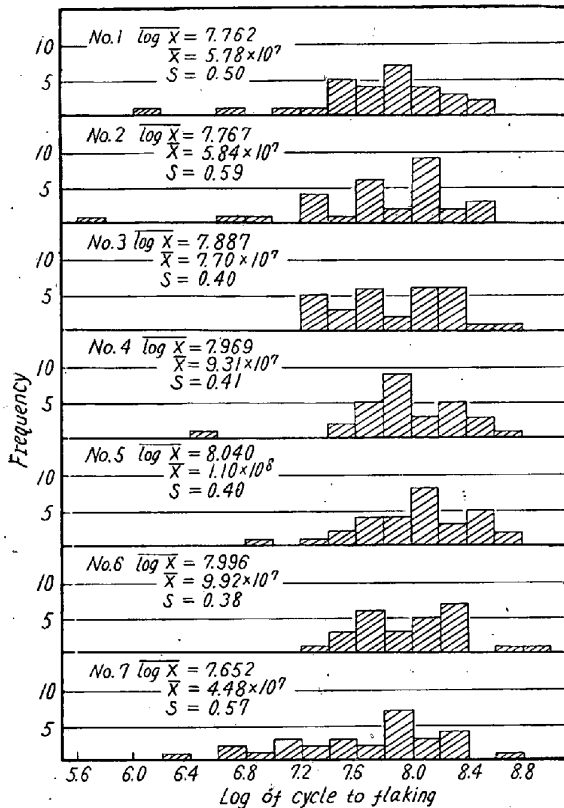


Fig. 3. Histogram of the logarithm of cycle to flaking.

縦軸は度数を示す。今迄の結果ではこのような寿命試験結果は一般に対数正規分布になるはずであるが、この Fig. 3 では対数正規分布になったものもあるが、可成り対数正規分布よりはづれたものもある。この Fig. 3 より明らかなように、熱間押出材の耐久性は可成り良好で、繰返数の平均値 ($\bar{X}$) は素材よりも約 1.5~2.4 倍も向上している。かつまた、標準偏差 (S) が熱間押出により小さくなり、“flaking” 発生時の繰返数のばらつきが可成り小さくなるものと考えられる。また、初期の“flaking” 発生時の確率も可成り減ずるものと思われる。上記の理由について明確な原因を指摘できないが、つぎのように考察し得る。すなわち、P. H. FRITH³⁾が指摘したように疲労に悪影響を与える介在物は“Diamond-shaped cavity”を持つ珪酸塩系介在物であると仮定すると、この珪酸塩系介在物は鍛造温度のいかににより塑性変形を受けたり、または受けなかつたりする。熱間

押出材では、熱間加工は瞬間的に行なわれるので、加工時の温度低下はあまり考えられないので、珪酸塩系介在物は完全に塑性変形を受けて長く圧延方向に伸びるが、鍛造による熱間加工では加工中に温度低下を生じて珪酸塩系介在物の一部は変形せず球状のまま冷却する。その際、素地と介在物との収縮係数の相異により、介在物の周辺に“cavity”を生ずる。このためこの部分が疲労による繰返荷重を受けるとクラックの核となる恐れがあると思われる。

V. 結 言

以上の結果を総括すると、

(1) 熱間押出加工法は、非金属介在物の量および球状化炭化物の分布、挙動にいちじるしい影響をおよぼさない。

(2) 熱間押出材より削り出したニードル(針状コロ)の曲げ応力の平均値は素材のそれよりもわずかながら良いように思われるが、ばらつきの範囲を考えると大差はない。かつ、ばらつきの範囲についていえば狭くなる傾向があるが、例外もあつた。

(3) 早期寿命試験結果によると、熱間押出により耐久性(寿命)が可成り向上し、“flaking” 発生時のばらつきも可成り良好である。熱間押出材について $920^{\circ}\text{C} \times 1 \text{ h} \rightarrow$ 空冷処理が必要であるという理由は今回の結果では確認できず、熱間押出後ただちに球状化焼鈍処理しても悪影響はみとめられない。

文 献

- 1) JIS, B1504—(1954): 針状コロ
- 2) 上野, 中島: 鉄と鋼, 45 (1959) 506
- 3) P. H. FRITH: J. Iron & Steel Inst. 180 (1955) 26

(153) 含鉛特殊鋼の材力信頼性について
(鉛快削鋼の研究—Ⅻ)

大阪特殊製鋼

○荒木 透・小柳 明・大橋久道

On the Reliability of Material Strength of Leaded Alloy Steels.

(Study on the leaded free-cutting steels—XII)

Tōru Araki, Akira Koyanagi
and Hisamichi Ohashi.

I. 緒 言

自動車工業の国内における発展にともなつて鉛快削鋼の需要は飛躍的に増大しつつあるが、諸外国の例から比

較すると業界においてようやく認識が深まりつつあるといういわゆる初期発展段階の感が深い。がわ国においても含鉛鋼の普及が立ち遅れている主な理由として素材購入面の見かけ上の価格上昇に対する抵抗もしかることながら、技術的な判断としては材力の信頼性について若干の疑問点を残す向があり、かつその点についての見解は必ずしも統一されていない。幸い最近英国 Ledloy Ltd. 社の W. B. WRAGGE 氏との書簡往復により材力判断の基礎となる Pb 系介在物の分散に関する discussion をおこなったので、本稿では Pb 介在物の分散に基づいた鉛快削鋼の材力信頼性を検討し併わせて将来の研究確認の要点を提議したいと考える次第である。

II. 含鉛特殊鋼の材力特に疲労強度 に対する見解

鋼中における Pb は単独もしくは他の介在物との共存状態で微細な球状もしくは stringer type として存在しているが、筆者らの実験結果で数回にわたって報告されているごとく単なる引張試験などにおいては含鉛による抗張力、耐力などにおよぼす影響は認められない。この点については諸外国の実験例を見てもほぼ一致した結論である。しかし衝撃破壊あるいは特に動的な繰返し応力による変形、破断時は介在物的役割をはたす分散鉛の影響を当然検討すべきものとする。

含鉛合金鋼の衝撃値については大同製鋼における実験結果およびその他英国および米国における実験例について見ると「相当無鉛鋼」に比しほぼ同位にあるが、あるものについてはやや低位にあるものもある。しかし実験者の言を借りれば実用上差支えない程度の低下と判断しているのが一致した見解のようである。

含鉛鋼の実用度比しその基礎的な疲労強度に関する研究は非常に少ない。大同製鋼のほか外国の例として SWINDEN¹⁾, J. WOOLMAN²⁾, W. BARDGETT³⁾ あるいは G. W. BROCK, G. M. SINCLAIN⁴⁾ などの研究発表が見られ、その他 NEAD, SIMS HARD や WRAGGE あるいは SCHRADER などの試験結果⁵⁾ あるいは FASBERRY⁶⁾ などの結果も紹介されている。これらは供試材および試験方法がことなっているがいずれも含鉛および相当無鉛鋼との比較があり、総括すると平滑試片で抗張力 100 kg/mm² 程度までは含鉛によりわずかに低位にバラツキを示すことがあつても大差なく、むしろ優位な結果を認められる場合もあり、130 kg/mm² 以上の場合 10~20% の疲労限の低下がバラツキをとまなつて認められている。

なおその傾向は高 Ni 特殊鋼に特に顕著のようである。しかし切欠片 $\alpha K=2$ については抗張力に関係な

く Pb 添加の影響がほとんど認められていない。

これらは主として Inland 法による大型鋼塊より製造された鋼材についての試験結果であるが含鉛%およびその分散を考慮外において報告されている。すなわちこれらの見解からすれば~0.3% までの含鉛鋼はその分散に関する特別な考慮を払わなくとも鉛プリント的視野に基づくマクロ偏析がない限り実害なく、またたとえ高抗張力の部品においてもほとんどが切欠感度を基として最低の完全係数が見積られ、かつ含鉛は切欠感受性を低減する傾向にあるとの実用上の概念からさして問題にされていないようである。

したがって現実には外国においても自動車部品など大量に使用されているわけである。一方筆者らが得られた数回の実験結果では 125 kg/mm² の Plain 試片にこの疲労値に有意差を認めずかつ滲炭材についても有意差が表われていない。

すなわち前記の疲労結果との若干の差は成分範囲の管理と製造技術上の差からくる分散の差とも考えられる。しかし現在外国の一部を除いてはほとんどが Inland 法のアイディア(振蕩分散法)に基づいて製造されており、サブマクロ的な鉛を許容してなおかつ大量の需要層に支えられていることは製鋼メーカーもまた需要家側も鉛快削鋼の信頼度に対する見解がわが国と多少異にしているようにも考えられる。

III. 鉛分布に関する英国 Ledloy Ltd. 社 WRAGGE 氏との Discussion

前述の含鉛鋼の材力信頼度に対する基本的な考察として鉛介在物分散についての見解が問題となる。破壊の発生と進行過程を考慮するとなるべく小規模のしかも等しい応力集中を生ずる微細なものが広く統計的に存在する。すなわち微細均一分散が望ましい。

Table 1 に筆者らの製造法による SCM22F の任意のチャージについての試片 ($\phi 50\text{N}-\text{D}$)-WRAGGE 氏の下に送付—および同氏より送られた英国製含鉛鋼の当方が行なつた検鏡による Pb 分散に関する各値を比較した。表中 NF は前報で報告したごとく sonims A type の長さおよび種別に基づく形状係数と切欠係数の積として表わした。応力集中因子を単位面積当りの介在物について総計した切欠より見た鋼品位評価数値である。これによると日本製は英国製に比し微粒分散されており、かつ stringer sonims も少なく、したがって NF 値は小さい。すなわち材力に対する安全性は大きいと考えられる。英国 Ledloy Ltd. 社の調査結果によるとやはり日本製は良好な清浄度および細かい Pb 介在物の分散が認

Table 1. Comparison of the micro-dispersion of Pb in the Japanese & English specimens.

Steel	Spheroidal lead particles and tiny lead-associated sonims		Lead-associated sonims			Notch factor (NF)
	Average diameter (μ)	Number of particles (No./mm ²)	Average length (μ)	Number of lead associated sonims (No./mm ²)	Total Area (μ /mm ²)	
SCM 22 (Made in Japan)	1.7	19.2	12.7	83.2	1050	820
En 325 (Made in England)	2.4	68.9	15.7	169.1	1720	1300

められているという。

同社 WRAGGE 氏が最も関心を持ったのは当方のミクロ的視野に基づいた鉛の分散による品位判定である。同氏の見解では Ledloy 社取扱鋼材の 2~2.5 t の鋼塊中の Pb 粒は平均 10 μ であり、鉛は熱間加工時引伸され reduction より計算された理論的な伸び方はしないが通常 1 μ 程度の径の円筒状に引伸ばされる。しかし、介在物の液状鉛が熱間加工によつ必ず分離されるというものではなくそれは周囲の鋼との物理的な条件如何とされている。したがつて当方の 250~500 kg の鋼塊を用い溶液分散法による分散では凝固速度も早いため鋼塊における鉛粒の分散は微細で stringer type の平均長さも非常に短くまた当方における鋼塊時と圧延後の Pb のミクロ分散値の data⁸⁾ に示されるごとく圧延後は鋼塊の約倍の密度の細かい分散を示す。このことに WRAGGE 氏は興味を持ったようである。stringer type の平均長さの調査に当つて WRAGGE 氏は micro-radiography による測定、すなわち日本製と En 325 鋼の試片に CrK および MoK の放射線を透過せしめ感光した乾板から拡大した写真により Pb 系介在物の長さを測定し比較したが英国製は明瞭な条が認められるのに対し、日本製は外周部は明瞭でなく中心部において若干の条が認められる。(Fig. 1 参照)

しかしこれらについては透過する試片の厚みにも関係

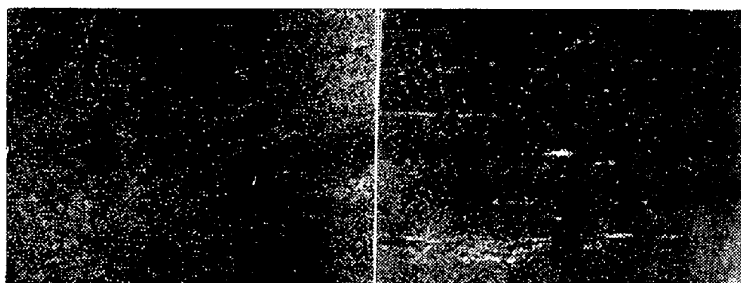
あり同一照射面上の介在物は同一直線として描かれるのでマクロ的な判定としては有効であるが、ミクロ的表示法と当然値が異なつてくると考えられる。なお、同氏は鉛鋼が熱処理によつてもその分散が変わらないとの意見である。この点について長時間ソーキングが窒化物、硫化物、その他の介在物変化や化学成分偏析への影響を考えるとこれにともなう鉛も分散が変わらないとは断言できないと思われる。

要するに英国側の見解としては鋼中の鉛の分散形態とその程度は鋼に対する一つの品質評価にはなるが非常に細かい分散が粗い分散より切削性が良く、かつ疲労値が高くなるかということはミクロ的表示による検討とともになお今後の研究課題であるとしている。

IV. 含鉛鋼の材力的な限界点

前報において著者らの行なつた妥当な含鉛量についての実用的な検討の結果を報告した。現在考えられる含鉛鋼の材力的な試験は切欠なき場合の高抗張力状況下の超重疲労強度であると考えられるので、この限界点を見きわめるためニードルローラー軸受材に見られるごとき早期寿命テストを炭熱処理試片について行なつた。SCM22 と相当含鉛鋼(高周波熔製試験材)の 3 ϕ × 30 mm のガス炭熱処理(炭層 1 mm 表面硬度 ~ HRC 60) 試片各 22 コについて早期寿命テストを行ないその際最大接触圧力 368 kg/mm² 応力繰返数 31.2 × 10³/mn の

応力条件である。表面局部剝離にいたる寿命を測定した 22 コの試験結果については各寿命に正規分布とは必ずしもいえないが有意的な差が明瞭に認められ(平均寿命として 10⁷ 辺に対して 10 倍の order) 含鉛による影響が表われている。(図省略) すなわちかかる大きな降伏応力の繰返しにおいてはある限度値以上で寿命上に含鉛による低下が確認できる。これは局部的降伏の激化にともなう昇熱現象も一因と考えられる。実用部品にこのような応力を受けるものはまずないと考えられるが、これに類似した応力条件下に設計された部品はすでに鉛快削鋼のみならず一般鋼の使用範



(a) Japanese sample (outside) (0.0050''~0.0055'' thickness) (b) English sample (outside) (0.0015''~0.0025'' thickness) ×150 (2/5)

Fig. 1. The results of the micro-radiographic examination (CrK radiation employed). (These pictures are kindly contributed from Mr. W. B. WRAGGE.)

困をも逸脱しているとも考えられる。

V. 結 言

鉛快削鋼の材力信頼度について著者らの見解とあわせて英国 Ledloy Ltd. の WRAGGE 氏との discussion を含めた英・米国の見解を紹介し同時に材力上の限界点についての一考察として滲炭材についての早期寿命試験による含鉛鋼の影響を調査した。先進需要国である外国の例では鉛分散に対する判定は主としてサブマクロ的であり仮にミクロ的に比較的大きな Pb 介在物があつても実害なく多少の材力的な低下もバラツキの範囲内に入るとの立場であり、この点発展の緒についたわが国においても大いに考えさせられる問題である。すなわち、用途上の要求によりある程度のサブマクロ鉛も許容される場合が非常に多いのではないかと思われ、また特に高信頼度も要求される場合には微粒均一分散および含鉛量の範囲の制約があると考えられる。さらに含鉛鋼の限度を越えた用途も当然明らかにされねばならない。わが国において今後普及度が高まり同時に製造技術の向上と相俟つて工業的、経済的見地から用途別に品質 grade を分けることも検討されねばならないと考える。

文 献

- 1) SWINDEN: J. Iron & Steel Inst., (U. K.) C×L V No.2 (1943), 445
- 2) J. WOOLMAN: J. Iron & Steel Inst., (U. K.) 165 (1950), 257
- 3) 6) W. BARDGETT—荒木, 特殊鋼, 6~7 (1959), 61
- 4) G. W. BROCK: G. M. Sinclair, Iron Age, 9 Jan. (1958), 59
- 5) E. W. HUSEMANN: Aristoloy catalogue
- 7) 荒木他: 鉄と鋼, 43 (1957), 3, 400, 44 (1958), 3, 368, 44 (1958), 9, 1099
- 8) 荒木他: 鉄と鋼, 44 (1958), 9, 1097

(154) Se 入り快削 13Cr ステンレス鋼について

神戸製鋼所神戸研究部

○高田 寿・鈴木 武

Study on Free-Cutting 13 Cr Stainless Steels Containing Se.

Hisashi Takada and Takeshi Suzuki.

I. 緒 言

前回 Se 入り 18-8 快削ステンレス鋼に関する諸種の試験結果を報告し、快削 18-8 ステンレス鋼として切削性に重点をおく場合は S 入り、横目の靱性がある程度必要とするような場合には Se 入りが望ましく、耐食性を重視する場合には、Se に Mo あるいは Zr を共存せしめるのがよいことを明らかにしたが、今回はマルテンサイト系 13Cr ステンレス鋼について Se, Se+Mo および Se+Zr の 13Cr ステンレス鋼の諸性質におよぼす影響を調査し、S の影響と比較するとともに、Se 入り快削 13Cr ステンレス鋼の特性を把握するために前回同様の試験を行なった。

II. 供 試 材

100 kVA 塩基性高周波炉で熔製した 90 kg 型鋼塊を F.R.=2, 4, 6 に相当する試験材に鍛伸し 980°C 油焼入→750°C 焼戻後、材料試験、切削試験を行なった。供試材の一般化学成分を Table 1 に示す。

III. 試 験 結 果

(1) 非金属介在物の観察

as cast の非金属介在物の分布状況を見ると S 入りは結晶粒界に一部 sulphide の配列がみられ、不規則な形が多いが、Se 入りグループの介在物(selenide)は、ほぼ球状で、中には非常に大きな介在物の存在もみられる。これは Se の sulphide を凝集する特性によるものと思われる。また鍛造材の熱処理後の清浄度を測定すると base 材を除いては、チップブレーカーの役割を果たす介在物が非常に多いことが判る。

(2) 材料試験

F.R.=2, 4, 6 の各供試材の鍛伸、直角両方向について引張試験、衝撃試験を行なった (F.R.=2 の供試材については小野式回転曲げ疲労試験も行なった)。

硬度 0.2% 耐力、抗張力、回転曲げ疲労限:

base 材 Se+Zr 入りが他の快削鋼に比べて若干高く、方向差は各供試材ともほとんどない。

Table 1. Chemical composition of steels tested.

Steels	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Se	Mo or Zr	Re- marks
13Cr	0.110	0.38	0.94	0.012	0.008	0.05	0.18	13.08	—	—	Base
13Cr+(S)	0.097	0.38	0.75	0.013	0.164	0.05	0.15	13.11	—	—	
13Cr+(Se)	0.100	0.32	0.79	0.014	0.012	0.06	0.12	12.93	0.30	—	
13Cr+(Se+Mo)	0.095	0.33	0.76	0.013	0.009	0.05	0.13	13.07	0.26	Mo 0.12	
13Cr+(Se+Zr)	0.125	0.47	0.84	0.014	0.013	0.05	0.22	13.18	0.22	Zr 0.12	