

鋼材の火花試験に関する研究 (II)

三島 徳七¹⁾・三橋 鐵太郎²⁾

BEITRAEGE ZUR FUNKENPROBE VON STAELHE UND EISENLEGIERUNGEN (2)

Tokusiti Misima, Kôgakuhakusi & Tetutarô Mituhasi

ZUSAMMENFASSUNG:—Die Untersuchungen erstreckten sich auf C-Stähle, Cr-Stähle, Cr-Ni-Stähle, Cr-Mo-Stähle, die in Form von geschmiedeten und gegossenen Rundstangen sind. Versuche über den Einfluss von Schmieden auf Funkbarkeit von C-Stähle. Versuche über den Einfluss allerleien Wärmebehandlungen auf Funkbarkeit von Ni-Cr-Stähle. Versuche über die Wirkung des Cr, Mo- oder Ni-gehaltes auf Funkbarkeit der C-Stähle.

目 次

- I. 実験の目的
- II. 豫備実験
 - 1) 酸化膜の影響
 - 2) 熱処理による組織の變化と火花との關係
 - 3) 火花流線の長さ
 - 4) 研削中の水
 - 5) 鑄造及び鍛造の火花形態に及ぼす影響
 - 6) 1/300 秒露出による撮影
 - 7) 振動する火花
 - 8) 接寫装置による火花撮影炭素鋼の火花に及ぼす銅の効果
- III. 既往の研究の概要
- IV. 構造用炭素鋼と構造用クロム鋼の火花の比較
- V. 肌焼用クロム鋼と低炭素鋼の火花の比較
- VI. 高炭素鋼と高炭素高クロム鋼の火花の比較
- VII. 構造用ニッケル・クロム鋼と構造用クロム鋼の火花の比較
- VIII. 肌焼用ニッケル・クロム鋼と肌焼用クロム鋼の火花の比較
- IX. 極軟鋼に及ぼすニッケル・クロムの影響
- X. クロム鋼とクロム・モリブデン鋼の火花の比較
- XI. 結 論

I. 実験の目的

第1報³⁾に引續いて屢々實用されてゐる鋼種に關して稍詳細に研究を行つた。ニッケルを含有する鋼種と、然らざるものの判別を肉眼による火花試験で行ふのはかなり困難である。これが果して可能か否かを寫眞撒影によつて確めて見た。實驗装置その實驗條件は第1報と同一である。

II. 豫備 實 験

1. 酸化膜の影響 先づ注意せねばならぬ事は酸化膜の影響である。第1報の第4圖に示した如く、酸化膜が薄い場合には火花は出易くなるが、鍛造した儘冷却した試料の如くに酸化膜の厚く附着した試料をその儘砥石車で研削してみると、火花の數も少く、流線の長さも短い。殆ど他の儘種の如くにみえる。これは鍛造加熱による酸化に依り、表面が脱炭してゐる爲鐵と鋼と考へられる。従つて成分を判定する目的で火花試験を行ふには、表面の酸化膜を完全に除去して置く必要がある。

第1表 試料の成分分析例

		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	V	其他
Ni-Cr 鋼	No. 1	0.33	0.27	0.42	0.022	0.009	2.4	0.77	—	—	
C 鋼	No. 2	0.30	0.20	0.55	0.020	0.015	—	—	—	—	Cu=0.17
Cr 鋼	No. 3	0.30	0.28	0.75	0.013	0.006	—	0.82	—	—	Cu=0.14
Cu-Mo 鋼	No. 4	0.37	0.31	0.41	0.014	0.014	—	1.10	—	—	Mo=0.22
C 鋼	No. 5	0.40	0.20	0.62	0.017	0.010	—	—	—	—	Cu=0.13
肌焼 Cr 鋼	No. 6	0.22	0.27	0.59	0.007	0.015	—	0.78	—	—	—
低 C 鋼	No. 7	0.20	0.12	0.39	0.041	0.023	—	—	—	—	Cu=0.13
高 C 鋼	No. 8	0.97	0.42	0.56	0.015	0.007	—	—	—	—	Cu=0.12
高 Cr 高 C 鋼	No. 9	0.95	0.28	0.47	0.008	0.012	—	1.25	—	—	Cu=0.14
肌焼 Ni-Cr 鋼	No. 10	0.15	0.14	0.64	0.018	0.029	2.81	0.14	—	—	Cu=0.28
肌焼 Ni-Cr 鋼	No. 11	0.15	0.35	0.43	0.012	0.009	2.95	0.25	—	—	—
Ni-Cr 鋼	No. 12	0.32	0.22	0.39	0.035	0.024	2.97	0.89	—	—	—
肌焼 Cr-Mo 鋼	No. 13	0.18	0.36	0.70	0.015	0.014	—	1.24	—	—	Mo=0.21

¹⁾ 東京帝國大學教授

²⁾ 東京帝國大學工學部冶金學教室

³⁾ 鐵と鋼 28 (昭 17) 117

2. 熱処理による組織の變化と火花との關係 No. 1 Ni-Cr 鋼試料を $10 \times 15 \times 15 \text{ mm}$ に切斷した試料を $820^\circ\text{C} \times 20 \text{ mn}$ 加熱し、油冷し、ロツクウエル硬度 C 45 を示した試料と、之を $620^\circ\text{C} \times 160 \text{ mn}$ 焼戻をしたロツクウエル硬度 C 25 邊の試料と、之を $650^\circ \times 20 \text{ h}$ 焼鈍爐冷せるロツクウエル 15 邊の試料を同一條件にして研削してみると、焼入した試料の火花流線は焼鈍をしたものより長く、兩者の比率は 5:4 位の割合にみえる。火花の形は熱処理に依つて多少變化する。第1報, p. 14. 8. 鋼材の火花と組織の項に於て Enos と Palmer の實驗結果を紹介したが、Palmer の結果は我々の實驗結果と違ふ、又 Enos の如く焼入した鋼と焼入焼戻した鋼とを同一のものとして取扱ふのは正しくない。火花の流線の長さは焼戻の程度で異なる上に、充分焼戻をした鋼の火花は、焼鈍した鋼とは又別の景況を呈するからである。

即ち No. 1 の Ni-Cr 鋼試料に於ては焼入試料の火花は焼鈍した試料の火花よりも流線短く、流線數多く、爆發が多い。焼入焼戻をした試料の火花は焼入試料の火花よりも更に流線短く、流線數少く、爆發も少い。Ni のジャケット効果が焼鈍したもののみ現はれてゐる。

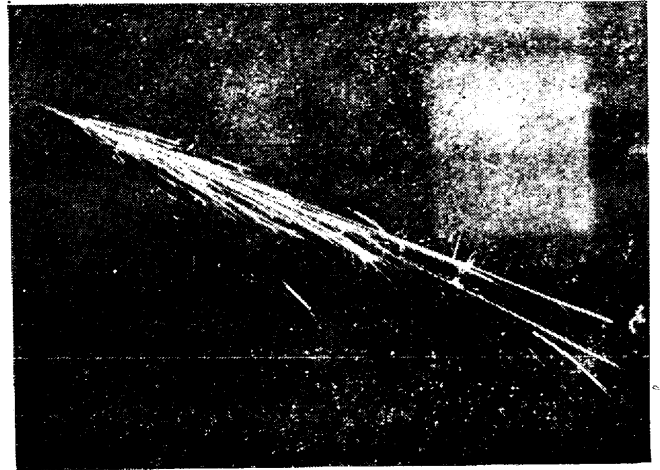
この點 Palmer, Enos の實驗結果と異なる。

かかる現象の原因は不明である。Pellet を研究する事に依つて推定がつくと考へられるが、その追究は後報に譲る。Palmer は工具鋼で、Enos は 0.6% C の C-鋼で實驗をしたので、Ni-Cr 鋼とは異なる譯である。上述の觀察を普遍的法則とする譯に行かぬが、少くとも C 0.3% Ni-Cr 鋼に於ては上述の法則が認められた。(第 1~5 圖)

又、No. 12 の Ni-Cr 鋼で次の熱処理をした。試料の形格は $20 \text{ mm}\phi \times 10 \text{ mm}$ この火花をみると、(1) より (2)



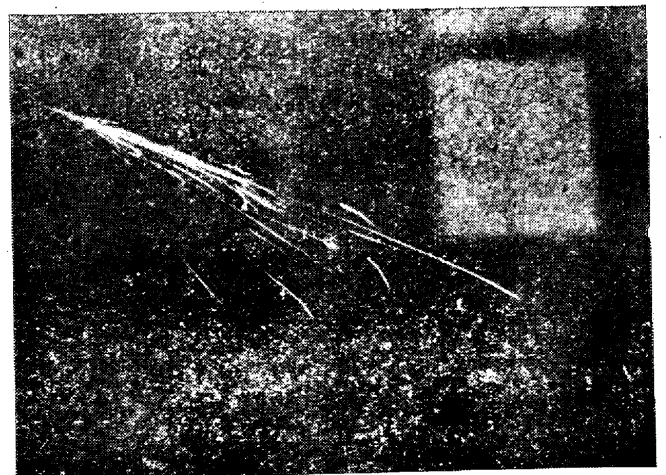
第1圖 No. 1 極造用 Ni-Cr 鋼、焼鈍せるもの 1/25. s Ni のジャケット効果が現はれてゐる。



第2圖 No. 1 構造用 Ni-Cr 鋼. 820°C 油冷 1/25 s ジャケット効果が消えて居る。



第3圖 No. 1, 構造用 Ni-Cr 鋼. 1/25 s, 820°C 油冷 $620^\circ \times 200 \text{ mn}$ 焼戻

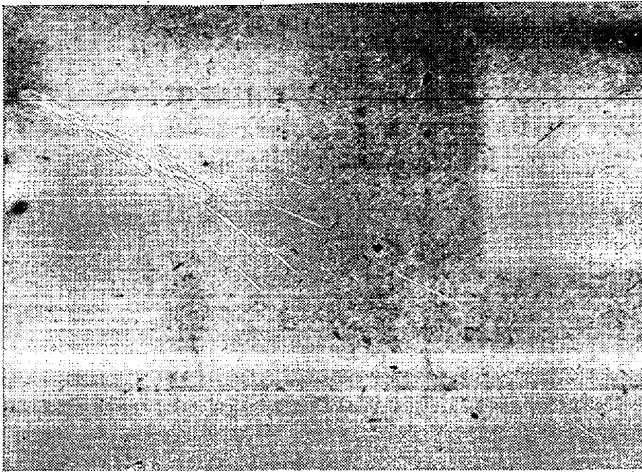


第4圖 No. 1 構造用 Ni-Cr 鋼. 1/25 s, 820°C 油冷 $620^\circ\text{C} \times 1 \text{ h}$ 焼戻

の方が流線の數が多い。

- (1) $650^\circ \times 30 \text{ mn}$ 油冷, 硬度(ロツクウエル C) 23.7
- (2) $800^\circ \times 30 \text{ mn}$ 油冷, 硬度(ロツクウエル C) 53.0

第 1~5 圖, 構造用 Ni-Cr 鋼の火花と熱處理の關係。



第5図 No. 1 構造用 Ni-Cr 鋼. 1/25 s, 820°C 油冷,
620° × 160 mm 焼戻.

火花流線量の減少は、写真にも明かである。露出時間はすべて 1/25 s であるから、火花量の變化が明かである。

3. 火花流線の長さ 第2表に示す4種類の鋼は殆ど同一のC%をもつにも拘らず火花流線の長さに差がある。試料は皆鍛造せるものを焼鈍した状態で硬度は殆ど同一である。No. 2 の C-鋼は火花流線が一番長い。No. 4 Cr-Mo 鋼, No. 3 Cr 鋼, No. 1 Ni-Cr 鋼の順に火花流線の平均の長さが減少する。その比率は大體であるが第2表の如くである。この事實をみても、Cr, Mo, Ni 等の添加元素

第2表 火花流線の長さ

C-鋼	Cr-Mo 鋼	Cr 鋼	Ni-Cr 鋼
No. 2	No. 4	No. 3	No. 1
6	4	3	2

は C-鋼の火花発生に對して特殊の作用をずる事が分る。しかもその作用に於て、Mo の如くに Cr と逆に火花を延す如く働くものと Ni の如く阻止的に働くものとがある。

前述の如く試料の組織が變化すると、火花流線の長さは變化する。この場合には硬度の變化があつた故、問題は別である。焼鈍した試料に就て第2表の變化のあるのは成分と火花流線の長さとの關係として考へねばならぬ問題である。一本の流線に就て云へば添加成分が C の燃焼を阻止する爲に遠方まで燃焼が持続せぬものと考へられる。

添加元素の效果に關しては(1)發火性に關するものと(2)火花形態に關するものとを區別せねばならぬ。第 I 報 XVI に於て Si, Mn の效果を述べたが、これは(2)に關するものであつた。火花流線の長さは(1)の點に關する。但(1)と(2)とは一應別個の效果であるが、内的には聯關あるものである。これに關する詳細の檢討は後報に譲る。

4. 研削中の水 試料の研削を長時間行ふと溫度が昇つて來る。これを水で冷却して更に研削するに當り、試料に水が附着してゐると火花が出にくい。水の蒸發の爲にエネルギーが吸収されるからであらう。

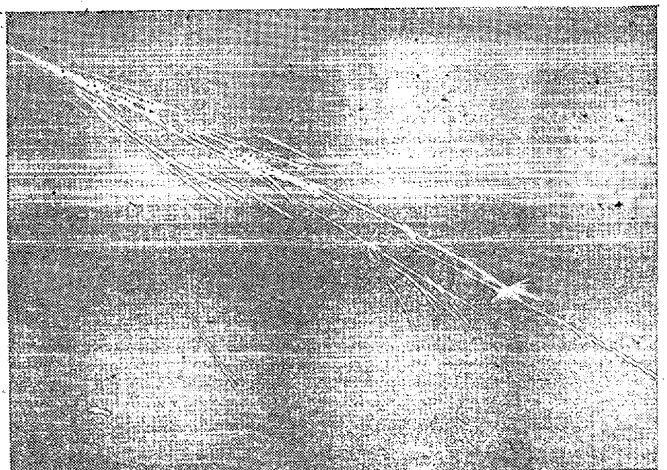
試料の溫度が上つて來て、手にあつく感ずる程度になると火花の量も増加して來る。

5. 鑄造及び鍛造の火花形態に及ぼす影響 鑄造した儘の試料とこれを鍛造した試料について火花の量、形態を比較して見る。試料成分は No. 5 である。平爐より汲んだ試料で杓子形をなし、直徑 10 cm 高さ 6 cm 位のものを半分に切つて、半分を 20 mm 角に鍛造灰中冷却して兩者の火花を比較した。

鑄造の儘のものよりも、鍛造した試料の火花の方が流線が短い。鍛造により試料中の C が安定状態に入つたものと考へられる。肉眼的にみると火花の形態に差はない様である。写真にとつてみると、鍛造した場合の火花が、小さい枝を増してゐる。その差違は肉眼的には分らない程度



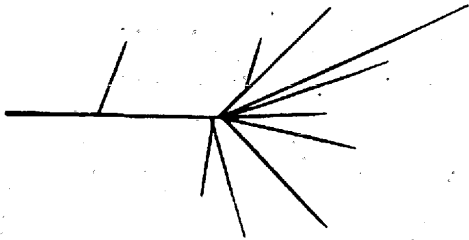
第7図 No. 5 0.4% C 鋼, 鑄造の儘 1/50 s,



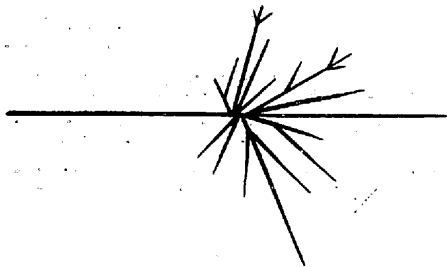
第8図 No. 5 0.4% C 鋼, 鍛造せるもの 1/25 s,
Spear Point を有つ火花が見えてゐる。

ものである。

寫真で詳しく調べてみると、鍛造した方が枝分れが多い
 多數焼發の段數が増してゐる。第7圖と第8圖を比較すれ
 ばその差は明かである。第6圖はその中で典型的なものを
 寫生したものである。鑄造の儘のものゝ火花は枝形鍛造せ



a) 鑄造の儘



b) 鍛造せるもの

第6圖 0.4% C 鋼の典型的花火

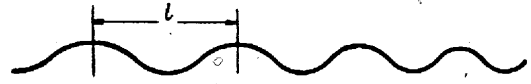
るものの火花は花形である。

第1報 XIV に於て高マンガン鋼 (C 1.2%, Mn 13%)
 の火花が、鑄造の儘のものゝと壓延したものゝとは別の火花
 形態を示す點を指摘したが、その差が非常に大であつた。
 本實驗に於て現はれた 0.4% C 鋼の差違よりも甚だしい。
 この點は更に検討を要する。

6. 1/300 秒露出による撮影 第1報と同様にトリオー
 ター 3.5 付ローライコード機、フィルムは Agfa, Isopan
 Special Film, ISS, °Din 21/10 を用ひ、之を全開にして
 1/25, 1/300 s. の露出で寫眞を撮る。1/300 s. の如き早い
 露出の場合には鋼の小粒子の燃焼しつつ飛ぶのが短かく切
 れて見える筈である。實驗結果はその然る事を示した。こ
 れに依つてみるに、切粉は砥石車より離れてある距離を飛
 行した後に發火するものもある事が分る。即ち流線の數の
 多いと云ふ事は發火する切粉の數が多い事である。流線が
 長いと事ふ事に関しては別に考へる。

7. 振動する火花 第1報 V に於て振動する火花に就て
 論じた。今日影響した寫眞中 No. 3 Cr 鋼試料のものの中
 に、振動する火花が寫つてゐる。(第15圖)これを調べて
 みると、山から山までの距離 l 即ち波長が飛行中に漸次短

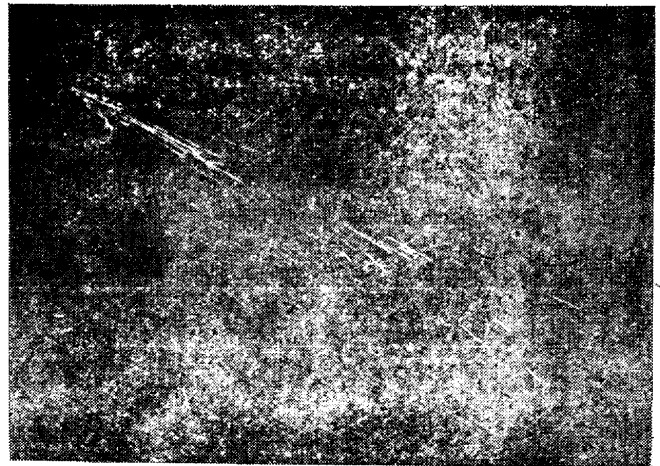
かくなつてゐる。振幅も減少してゐるこれは短冊形又はプ
 ロペラ形の小片が片端より燃えつつ進行する事を示し、飛
 行につれて短冊の長さが減少し、それにつれて振幅がへり
 速度が遅くなるので波長が減少するものと考へられる。短



第9圖 振動する火花

冊形の薄片が流體中を速かに進行する場合に、進行方向の
 軸を中心に廻轉する事實は Kutta の揚昇力或は Kirehloff
 流の斜に受けたゼットより説明される。³⁾ 振動する火花は
 多く爆發せぬが、振動して後で爆發するものも見受けられ
 た、

No. 1 Ni-Cr 鋼試料の火花を 1/300 s. 露出で撮影する。
 それに振動する火花が高つてゐる。(第10圖) 1/300 s. 間に
 3 波長を示してゐた。この種の切落一回轉するのに 1/900 s.
 である。No. 3 Cr 鋼試料の方の振動する火花(第15圖)



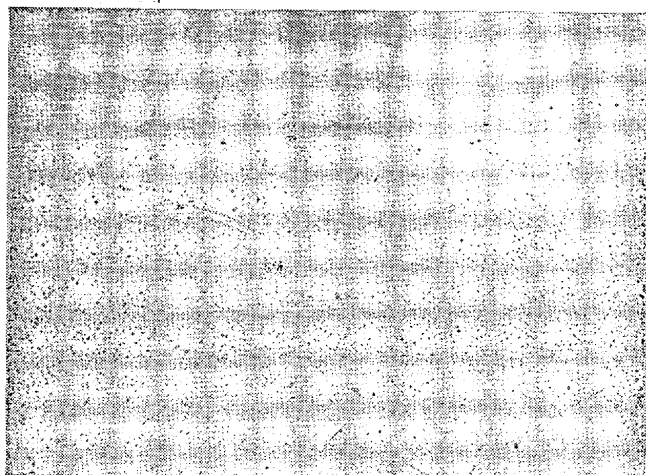
第10圖 No. 1. 構造用 Ni-Cr 鋼。焼鈍せるもの 1/300 s. 振
 動する火花が右方に見える。3 波長の波である。



第11圖 No. 5 0.4% C 鋼。鍛造せるもの、1/300 S 露出
 Ni-Cr の鋼と比べてみると、火花の量が多い。



第 12 圖 No. 4 構造用 Cr-Mo 鋼. 1/300.s

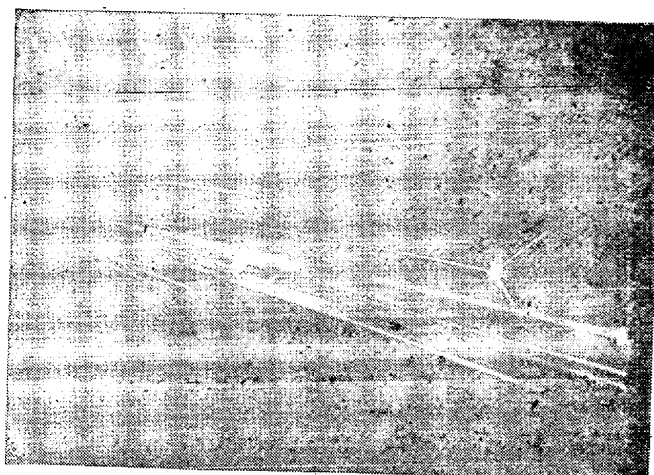


第 13 圖 No. 1 構造用 Ni-Cr 鋼 820° 油冷. 1/300.s

は 1/25.s に 34 波長を示してゐた。一回轉するに 1/850 S である。振動する火花の流線の長さは、切粉の大きさに依るのであらう。即ち大形のもの長い。切粉の回轉速度は上述の如く殆んど一致した數値を示してゐたのは、面白い事である。

8. 接寫装置による火花撮影 炭素鋼の火花に及ぼす鋼の効果 單に接寫装置を使用しただけであるので、特別な結果は得られなかつた。

その一例として第 14 回に No. 5 0.4% C 鋼の火花を示す。ジャケット効果の明かに現はれてゐる火花が見える。ジャケット効果は Ni 添加の特性の如くに考へられてゐるが、單なる C 鋼でも現はれる事をこれで知り得る。但 No. 5 には分析表の如くに Cu を 0.13% 含んでゐる。後述の如く Mo は 0.2% でも火花の形態に著しい特徴を與へるから、0.13% 位の Cu が火花の形態に効果を生ずる事を考へられる。多くの點に於て Cu は Ni と似た作



第 14 圖 No. 5 0.4% C 鋼に現はれたジャケットを有つ火花. 1/50.s

用をする元素であるから、このジャケット効果も少量の Cu の作用かも知れぬ。

III. 既往の研究の概要

第 1 報に於て引用した種々の文獻中本論文に關係のある Cr 鋼, Ni-Cr に関する項をあげてみる。

Pitoy⁷⁾ は、Cr の識別は Ni のそれに劣らず困難で、Cr と Ni との同時存在を確實に識別するのは更に困難であると述べてゐる。

Enos⁸⁾ は C 0.55%, Cr 0.6%, Ni 1.5% の Ni-Cr の火花に就て、同一の C% 炭素鋼に比して火花形態に差なし。但流線の長さが異なると述べてゐる。又 Cr 0.75~1.1%, V 0.5~0.2% で高 C の工具鋼の火花は、微かに爆發をもつ高炭素の火花と、多少赤い流線を示すと述べた。

Metal Industry⁶⁾ 所載の論文では 2.5% 以下 Ni を含む Ni 鋼の火花は鋼と C 鋼と似てゐるので判定がつかぬ。Ni 3% 以上になると火花が消極的になると述べてある。

W. Rohland¹²⁾ は Cr 鋼に就て Cr 1% 以下では C 鋼と差別なく、Cr 1% 以上になると直線的になり、末端に橙色の火花滴を生ずると述べた。又 Ni 鋼 Ni-Cr 鋼は詳しく調べても炭素鋼と見分けがつかぬと述べてゐる。

R. W. Buzzard⁸⁾ は Ni 1.25~47.40% に互つて觀察してゐる。Ni 火花とは次のものである。第一にジャケットが短かい流線の根幹部又は末端の良く發達した炭素爆發の根本をとりまいて現はれる。

Ni 火花の第二の特徴は普通の單純尖端 (single tongue) の代りに爆發の中に分岐尖端 (split tongue) が現はれる事である。

⁹⁾ 九大教授、鈴木清太郎著「農業物理学」昭 17 年 3 月刊。p. 109

又、S.A.E. Ni 鋼で 3.00~3.60% Ni のものは流線の色がやゝ暗い以外には普通の C 鋼と變らない。Ni 火花が容易に認められるのは C 0.15% 低炭素鋼で、C% が増すと共に火花が微かくなり、C 0.35% では認められなくなる。5% Ni と 0.15% C の鋼は普通の C 鋼と同様の火花を發する。

次に Cr 鋼に於ては、普通の C 鋼より火花の流線がこまかく、僅かに暗い。C 0.45% 以下の S. A. E. Cr 鋼の火花は、花形爆發以外は C 鋼と同じ。C 0.45% 以上では、流線が微かい事と、やゝ暗い事以外は普通の C 鋼と似てゐる。

Ni-Cr 鋼に於ては、Ni と Cr の組合せの効果は、Ni の効果を抑へ、Cr の効果を強める。S. A. E. の Ni-Cr 鋼に於ては火花は C-Cr 鋼と似てゐるが、やゝ色が暗い。低 C 鋼の火花に於ては Ni 火花が現はれるが、C 0.30% 以上になると、現はれない。Ni と Cr の總量が増すと共に、流線は暗くなる。

Komers²⁹⁾ は次の様に述べてゐる。Ni 5% 以下の構造用 Ni 鋼では、明るい舌状の末端の分岐する流線、燃焼部分の明みが現はれこの現象は C% の増大と共に阻止される。

Cr 鋼では一低 C、低 Cr では流線は微かくなり、やさしい分岐をもち C 鋼よりも暗い。C% が増すと共にこの Cr 効果は認め難くなる。Cr% がますと、流線束は暗くなり短かくなり、分岐は減少する。

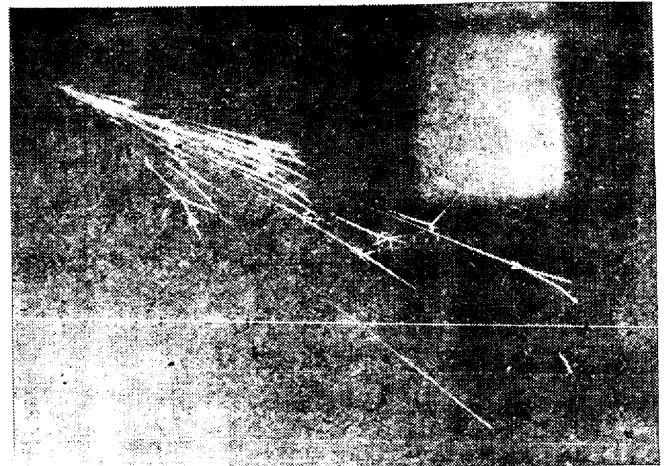
構造用 Cr-Ni 鋼では、燃焼部分の棒状に明るみ、赤黄色の Ni 火花を示す。この効果は Cr と C の効果が強いので阻止される。Cr と Ni が高くなれば、火花は明かに暗くなる。Komers の云ふ所は Buzzard の言ふのと同様である。

以上の諸氏の研究を見るに、不銹鋼 (13% Cr. 18~8) を除き普通の 5% 以下の Ni 又は Cr を含有する構造用鋼又は肌焼鋼に於ては、Ni, Cr の存在は火花によつて殆ど判定を下し得ない、即ちその火花は C 鋼の火花と大差ないと云ふ結論になる。しかも、C% がますと Ni の効果は減少し Ni の効果は Cr の効果によつて打消されると。

以下の研度はこれを寫眞によつて調べてみたのである。筆者の結論は多少、以上の諸氏のものとは違ふ。

IV. 構造用 C 鋼と構造用 Cr 鋼の火花の差違

第一に同一 C% の C 鋼と Cr 鋼 (Cr 0.82%) との差違



第 15 圖 No. 3 構造用 Cr 鋼. 1/25.s 中央に小さく Spear point が見える下方に振動する火花が見える。

を確かめてみる。試料は No. 2 と No. 3 である。(第 15 圖) No. 3 の Cr 鋼は前の商工省規格の代用鋼第 1 種に當る。試料は共に焼鈍軟化せる状態のものを用ひた。前記の如くに C 鋼の火花の方が Cr 鋼よりも流線が長い。又 Cr 鋼の火花が直線的な形態をしてゐる事は既に多くの研究者 (例へば第 1 報, 文献 (12) の Rohland) の指摘する所であるが、本實驗に於てもそれは確かめられた。Cr 鋼の火花が直線的形態を有つとは、大きく枝分れをする事と花形爆發の少い事であり枝分れの角度の大きい事と、枝の数の少い事である。枝の数の少いとは微かい多數爆發の傾向を抑へると云ふ事でもある。第 15 圖をみても、C 0.3% の炭素鋼の火花とは違つた形が直觀的に認められるのは、かかる事實によるのであらう。

内眼で瞬間的に見ると C 鋼と Cr 鋼とは見分がつかぬが、寫眞でみれば上述の如き Cr 鋼の特色は明かである。

V. 肌焼用クロム鋼と低炭素鋼の火花の比較

試料の成分は No. 6 の Cr 鋼 (第 24 圖) と No. 7 の C 鋼である。C 鋼の方は鑄造の儘で、Cr 鋼の方は鍛造、焼鈍してある。鑄造試料と鍛造試料との差を考慮に入れて、兩者を比較した。

No. 7 の炭素鋼 (國産某社 50 吨鹽基性平爐鋼) の火花は第 1 報に掲げた C 0.2% のスエーデン鋼の火花に比べて餘程爆發がにぎやかである。スエーデン鋼には花形爆發はないが、No. 7 にはある。兩者の成分を比べてみると、No. 7 は P がやゝ高いだけである。P が爆發をにぎやかにするのか、その他の因子に據るものが、不明である。

C 0.2% なるにも拘らず、No. 6, No. 7 は共にスエー

デン鋼の C 0.3~0.4% の火花の如き花形爆発を示した。肉眼でみたのでは、No. 6 低 C Cr 鋼 No. 7 低 C 鋼を見分ける事はかなり困難であらう。

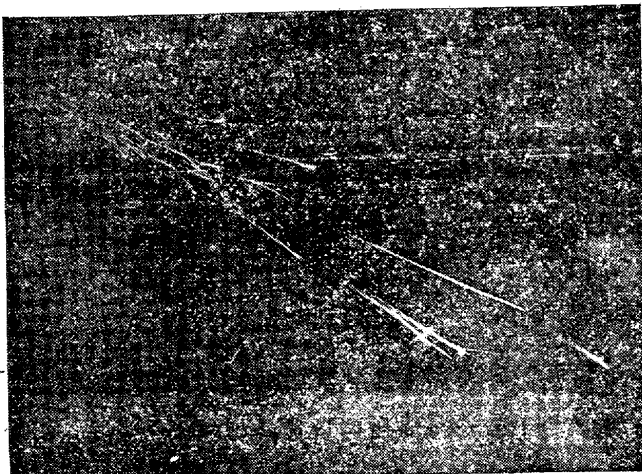
実験 IV と同じく、No. 6 を No. 7 に比較すると、 Cr は爆発間の距離を減じ、爆発の全體の形態を小さくするが、中に微かい枝を生ぜしめる。色はこの程度の Cr 含有量では殆ど變らない。爆発間の距離、佐草氏の云はれる(第 1 報文獻 (31)) 莖が短い事實は砥石車と試料の接觸部に出る小さい火花をみると明かになる。

要するに C 0.2% でこれに Cr 0.8% 邊を添加したものとせぬものを、肉眼で簡単に見分ける事はかなり困難である。大體に於て Cr が爆発を阻止する傾向がある事は認められるが、それとて 0.8% 邊の程度の Cr 含有量では殆ど明かでない。寫真で見れば特徴が明かである。

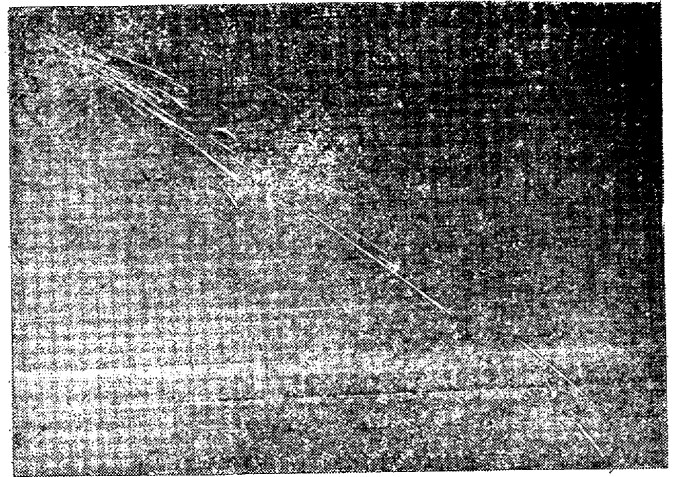
VI. 高炭素鋼と高炭素高クロム鋼の火花の比較

第 1 報 XVIV に於てクロム鋼の火花を論じたが、そこに於て使用した試料の C は 0.8% であつた。本論文に於ては以上に於て C 0.2%, 0.4% の鋼に及ぼす 0.8% 邊の Cr の影響を調べたが、いづれも Cr の影響が明かに火花の上に現はれてゐるとは云へない。第 1 報 XVIII に於ては Cr は 3, 7, 10, 15% と著しく高かつた爲に、かなりその効果を明かに認め得た。

こゝに於て、 C 0.9% 邊の高炭素鋼に於て、1.2% 邊の Cr が如何に働くかを調べてみた。即ち試料 No. 8 と No. 9 とを比較してみる。(第 16 圖、第 17 圖) 結論的に言へば兩者を區別する事はかなり困難である。既に第 1 報 XI に於て述べた如くに高炭素鋼に於ては火花流線は細くなり、



第 16 圖 No. 8 高炭素鋼 1/50.s

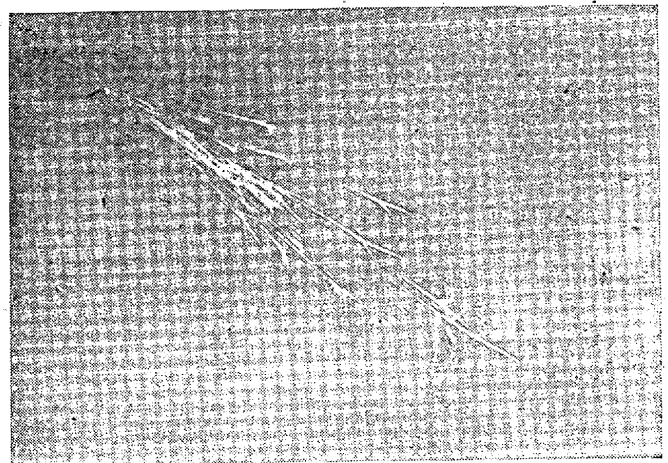


第 17 圖 No. 9 高 C 高 Cr 鋼 1/50.s

花形爆発が微細化する。火花線香に於ける松葉の如き形を多く示すに至る。又第 1 報に於ては明記してないが、 C がますと共に流線は次第に短くなる。

高炭素鋼に Cr が 1.2% 位添加された時は、火花流線は Cr のない時よりも短くなる。

火花の形態の差は肉眼的には殆ど認められない。兩方とも Split tongue を生ずるが、 Cr 鋼の方がやゝそれが多い。第 18 圖はその著しい例である。花形爆発は Cr 鋼の



第 18 圖 No. 9 高 C 高 Cr 鋼 1/50.s Split tongue がみえる。

方が小さい。 Cr が爆発を阻止する作用をなすのであらう。火花流線の先の方の形態を較べてみると、 C 鋼には大きい花形爆発があり、それで split tongue とならずに終る流線もあるが、 Cr 鋼の方は split tongue になり、その傍にやゝ小形の花形爆発がついてゐる形の流線が多い。 Cr 鋼の花形爆発と高 C 鋼とを比べてみると、枝分れの角度のやゝ大きいものが高 C 鋼に多い。詳細にみれば斯様な差がある。が肉眼で兩者を判定するのは困難であらう。

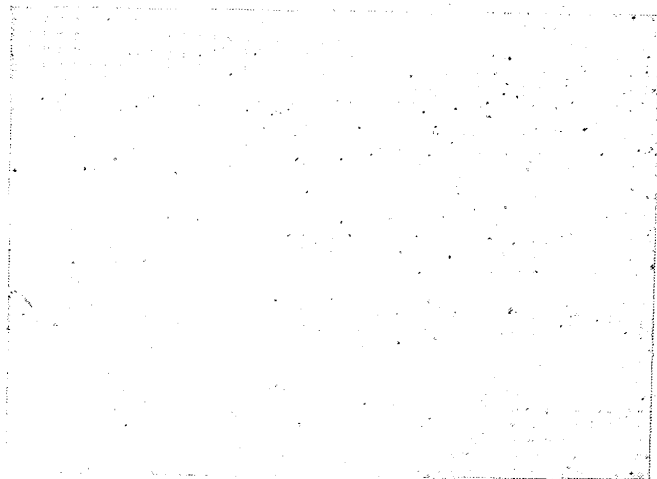
以上に於て、炭素鋼の火花に及ぼす Cr の影響を調べた

が、結局 Cr , 0.8% 又は 1.2% に於ては Cr の有無は容易に判定は出来ぬ。C% を變へても結果は同じである。 Cr の爲に流線がやゝ短く出る事だけは確實と思はれる。

VII. 構造用ニツケル・クロム鋼と 構造用クロム鋼の火花の比較

試料は第1表の No. 1 と No. 3 とである。火花の流線の長さに関しては既に II で述べた如く、 $Ni-Cr$ 鋼の方が短い。火花の形態も類似してゐて見分け難いが、砥石車に接近した流線の根本に出る小さい火花流線の形を比べてみると、 $Ni-Cr$ 鋼の方に小さい枝がやゝ多い。第1報 XVII = ツケル鋼の火花で述べた所の膨大部は $Ni-Cr$ 鋼、 Cr 鋼に共に存在する。C 鋼でも見える事がある。但し兩者の火花を比較してみると、 $Ni-Cr$ 鋼に於ては膨大部以外の流線部分がやゝ暗いので、膨大部が目立つ。 Cr 鋼に於てはさうした事はない。 Cr 鋼の流線は全體として明るさが平均してゐて、膨大部がかすかに白味を帯びてゐる程度である。

Ni 鋼に特有と云はれる Split tongue も、 Ni 2.4% では明かに認められぬ。 Ni のもつジャケット効果は 2.4% 邊では明に現はれてゐる。(第1圖はその適例) No. 12 の $Ni-Cr$ 鋼をとつた寫眞(第19圖)にもジャケット効果が現はれてゐるが肉眼でこれを判定するのはかなり困難であらう。



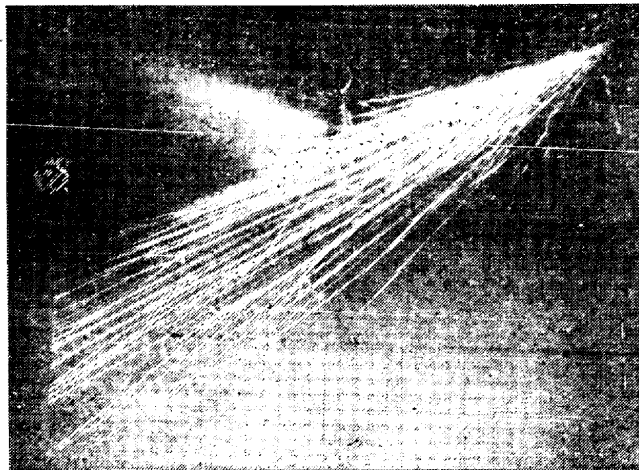
第19圖 No. 12 $Ni-Cr$ 鋼 1.s. ジャケット効果が現はれてゐる。

従つて構造用 $Ni-Cr$ 鋼を構造用 Cr 鋼とを火花で判別する事はかなり困難であり、第1報 III. 9 の Pellet 試験による外はないと思はれる。

VIII. 肌焼用ニツケル・クロム鋼と肌焼用クロム鋼の火花の比較

試料は No. 10 の $Ni-Cr$ 肌焼鋼と No. 6 の肌焼 Cr 鋼とである。

No. 10 も No. 6 共に 0.2% C 鋼よりもはるかに明かな白色にみえる膨大部がある。又共に Split tongue を示す。火花爆發の形に肉眼的に差を認めるのは困難であらう。 Cr 鋼の花形爆發は $Ni-Cr$ 鋼のそれよりも大形である。 $Ni-Cr$ 鋼の花形爆發は小形である上に、所謂ジャケット効果を示す。(第20圖はその適例)



第20圖 No. 11 $Ni-Cr$ 肌焼鋼 1.s. ジャケット効果が現れてゐる。

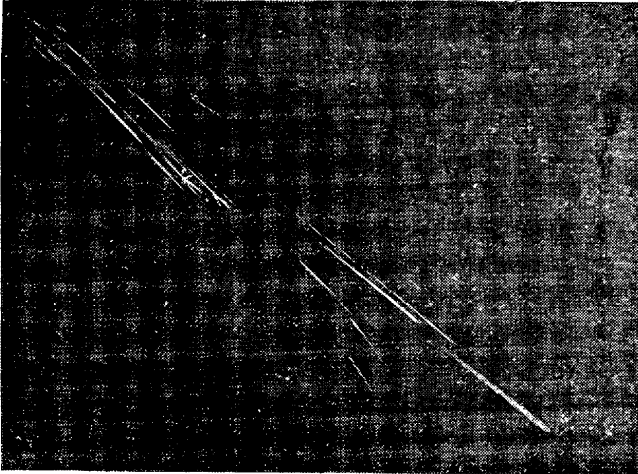
C 0.2% 邊の場合に C 鋼、 Cr 鋼、 $Ni-Cr$ 鋼を比較してみると、一本の流線に於ける花形爆發の距離に差がある。 Cr 鋼が一番近く、C 鋼はこれと大差なく、 $Ni-Cr$ 鋼 0.2% は更に遠い。即ち $Ni-Cr$ 鋼の火花は爆發が少く、従つて淋しく見える。

Cr 鋼で Cr 3% にもなれば著しく、作用が現れるが、 Ni は 3% 邊になつても花の形が C 鋼と餘り變化せぬ。この點 Ni と Cr の効果に著しい差がある。

IX. 極軟鋼に及ぼすニツケル・クロムの影響

次に No. 11 の $Ni-Cr$ 肌焼鋼を 900°C にて 1h 加熱し非常に脱炭しは試料と極軟鋼とを比べてみた。共に 0.1% 邊 C ののである。こゝに於ても、No. 11 の方は明かに白色の膨大部が流線の中にみえる。 Ni 鋼の特徴とされてゐる split tongue もみえるが、炭素鋼と載然と區別し得る程でもない。No. 11 は C 鋼と違ひ流線の中に小さい枝が見える。

従つて極軟鋼に於ては熟練すれば Ni , Cr の存在を判定し得ると信ずる。逆に云へば C の低い場合には C 場合よりも添加元素の影響がより強く現はれる。



第 21 圖 No. 11 Ni-Cr 肌焼鋼, 1/50s ジャケット
効果は見えぬが Split tongue がみえる。

X. クロム鋼とクロム・モリブデン 鋼の火花の比較

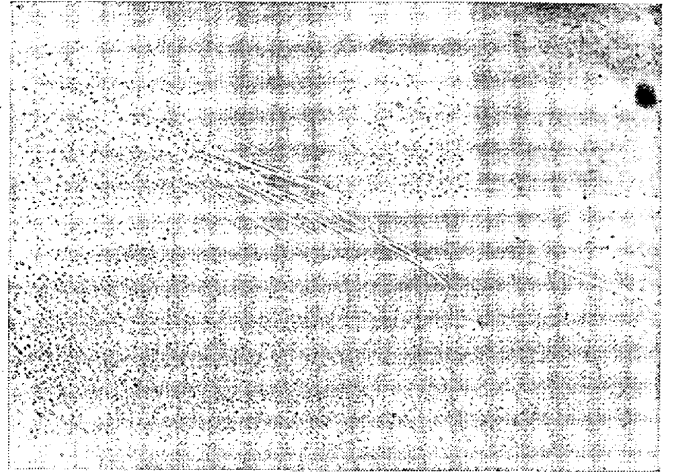
第 1 報の文献 (13) に於て Hildorf と McCollam は *Mo* が流線の先端に槍先 (Spear point) を生ずると述べた。同じく (30) に於て Gordon と Reid は *Mo* は流線の先に小さい橙色の矢 (arrow) を生ずるとした。両氏とも *Mo* の含有量を示してゐない。(28) の Palmer は *Mo* 0.5% を含む工具材料商品名 “Solar” に於て Spear point (槍先) を生ずると述べてゐる。又 (24) に於ては *Cr* 0.50~0.80%, *Mo* 0.15~0.25% (S. A. E. 4130 型) の材料に離れた Spear point がみえると述べてゐる。

以上の文献によると *Mo* は既に 0.15~0.25% の邊で Spear point を生ずる筈である。

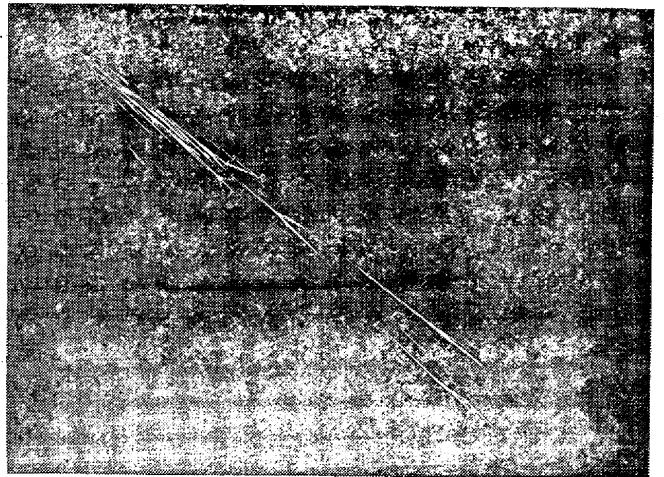
本実験の No. 4 の *Cr-Mo* 構造用鋼試料は *Mo* を 0.22% 含む故に, *Mo* の Spear point がみえる筈である。又 No. 13 の *Cr-Mo* 肌焼鋼の試料は *Mo* 0.21% を含む故に, Spear point がみえる筈である。

実験も亦その然る事を示した。橙色の Spear point と云ふが、橙色と云ふよりは色が暗いと云つた方が適切であらう。Split tongue の先にもあるが、花形爆發の中にやゝ大きい枝があつて、その先にも Spear point がついてゐる。Spear point の現はれ方は、No. 4 よりも No. 13 の方が鮮かである。*Cr* 1.1~1.2% の邊に於ては 0% の低い方が Spear point の明かにみえるのは、*Mo* の作用が *C* に働くのでなく、直接熔融點に作用する爲であると考へられる。少量で火花の形態に特徴を與へる點に於て、*Mo* は *W* に似てゐる。Spear point を除けば、火花の形態は *Cr* 鋼と變らない。結論として、代用鋼第 2 種、第 5 種 (No.

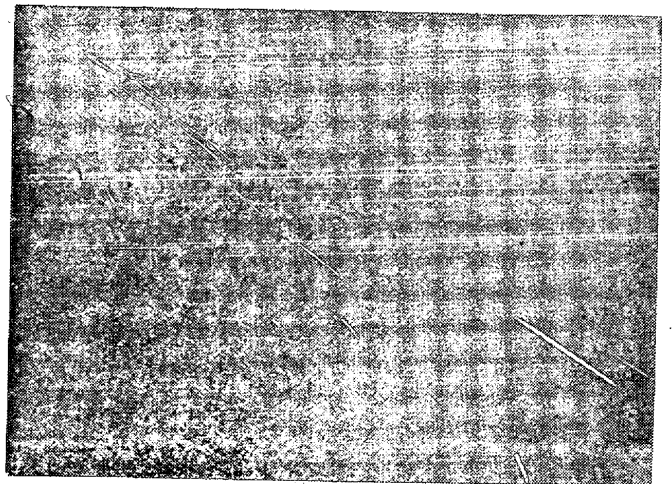
4, No. 13) に於ける 0.21~0.22% 邊の *Mo* を Spear point の存在によつて知る事が出来る、といへやう。(第 23 圖、第 25 圖)



第 23 圖 No. 4. 構造用 *Cr-Mo* 鋼, 1/25.s Spear point がみえる。

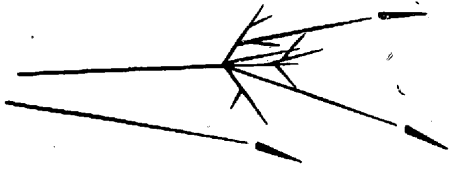


第 24 圖 No. 6 肌焼 *Cr* 鋼, 1/50.s Split tongue がみえる。



第 25 圖 No. 13 肌焼 *Cr, Mo* 鋼 1/50.s Spear point あり。

寫眞を調べてみると、Cr-Mo 構造用鋼のものに Spear point が寫つてゐる。Cr 鋼にも稀には Spear point が見え



第22圖 Cr-Mo 鋼の Spear point

る。0.4% C の炭素鋼 No. 5 試料の鍛造物の寫眞にも一つ寫つてゐる。Mo を含む場合に於ては Spear point は例外なく現はれるが、Cr 鋼、C 鋼に於て Spear point の現はれるのは極く稀である。

XI. 結 論

第 II 報に於ては構造用、肌焼用の低合金の Cr 鋼、Ni-Cr 鋼、Cr-Mo 鋼及び軸受用高 C 高 Cr 鋼の火花に就ての研究結果を述べた。

(a) 同一成分試料に於ての組織の變化（鑄造状態と鍛造状態、熱處理）は火花の形態に變化を生ずる。

(b) C 鋼と Cr 鋼、Ni-Cr 鋼の火花は肉眼では判別困難である。寫眞に於ては各々その特徴を示す。即ち C% の多少に係らず Ni はジャケット効果を生じ、Co は Split tongue を生ずる。

(c) Cr-Mo 鋼に於ては約 0.2% の Mo の存在を火花によつて認識し得る。

(d) 高 C 高 Cr 鋼に於ては Cr 特有の Split tongue を生ずる。（以上）

本誌に寄稿される方々へ

これ迄度々発行期日が遅れまして甚だ申譯け無く思ひ只今鋭意努力致して居ります。就きましてはこの餘白をお借り致しまして寄稿なさる方々にお願ひ致したいことがございます。それは圖面の大きさのことですが、切角時間をかけて精密にお書きになつた圖面が度々使へないことが多いので、まことに残念に思ひその事に皆様の御心使を願ひたく存じます。

圖面、線圖は製圖の便宜上如何な大きさに描いて戴いても結構ですが、圖面と線の太きさの割合が釣合つて居りませんと工合が悪うございます。又圖面の大きさと文字の大きさが釣合つて居りませんとやはり困ります尤も文字は鉛筆書きで結構ですが、これが釣合つて居りませんと縮めました時小さな圖に大きな文字になつたり、大きな圖に見えないやうな文字や線になつたり致しますので、そのまま掲載出来ません。（大部の論文ではその再製圖に 20 日もかゝることがあります。）

如何か非常なお手数をかけて製圖される圖面ですから、なるべくそのまま掲載出来ますやうに御書き下さる様謹んで御願ひ致します。