

钢的火花试验法

介绍机械制造中常见的几种钢

无锡压缩机厂



无锡市革命委员会科学技术交流站

一九七三年一月

前 言

伟大领袖毛主席教导我们：“在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。”在毛主席无产阶级革命路线的光辉照耀下，我们发扬了敢想、敢干的革命精神，根据生产实践中积累的经验，参阅了国内外有关资料，编写了“钢的火花试验法”。

钢的火花试验法是一种简便、迅速、经济、有效的鉴别钢材成份的方法。所用设备简单，操作方便，各大、中、小型机械厂、钢厂、金属公司等都适用。它是管理钢材、防止钢材、机械另件混乱和判别机械设备、另件维修材料的一种有效而可靠的检验手段，有一定的实用价值。

由于我们水平有限，缺点和错误在所难免，欢迎同志们批评指正。

目 次

一、火花试验法的历史·····	(1)
二、火花试验的方法与意义·····	(1)
三、火花试验法的适用范围 (钢材) ·····	(1)
四、火花的术语·····	(2)
五、熔珠·····	(7)
六、火花图解析·····	(12)
七、钢火花在各种温度下的炽热颜色表·····	(25)

一、火花试验法的历史

钢材的火花试验在十九世纪初期就已问世，经过了各国有关技术人员的研究，已经成为一门比较完善的科学，肯定了火花试验是简便、迅速、经济、有效的一种鉴别钢铁成分的方法，于一八〇四年开始用到工业上。

二、火花试验的方法与意义

火花试验法即是用试块(钢材)在高速运转的砂轮上研磨，被磨削下来的钢屑小沫子，因摩擦生成热及小钢屑沫子在高速飞射中与空气中氧充分接触，在原有较高的温度上，迅速氧化，又氧化而得的生成热，反过来再次提高了小钢屑沫子的温度，使之部分小钢屑沫子(颗粒的熔融多少与钢的物理、化学性能有关)熔为“熔珠”；由于氧化过程中生成的气体($\text{CO} + \text{CO}_2 + \dots$)在“熔珠”内达到一定的压力时，就爆裂成火花。概括地讲：火花的爆裂是因飞射运动中的小钢屑沫子(颗粒)，由于获得相当的热量，又因碳素的氧化燃烧而生成气体，到相当的压力时冲破“熔珠”(由小钢屑沫子融化而成)的表面张力而形成。

钢材试块在砂轮上研磨时就发生火花，凭借各种钢具有独特的火花形态、流线、爆花、颜色、熔珠的不同来鉴别钢的化学成分的方法。火花形态、颜色是随含碳和合金元素、杂质元素的增减而变化的，这个现象的应用来鉴定钢种，到现在为止，仅限于火花之形态、颜色和燃烧后的熔珠的判断。

影响火花形态的主要是钢中所含杂质、合金元素的存在，其数与量的变化，促使钢的化学、物理性质的变化，促使火花千丝万缕的变化。又如：虽所含元素不同，但其量不多，且其化学、物理性质与铁相仿，火花形态之变就甚小，甚至到根本不易觉察的地步。根据以上情况：火花试验具有它的重要意义，亦有它的短处。其短处对有经验的火花试验、看谱分析工作者是无所阻难的。

三、火花试验法的适用范围(钢材)

- (1)精确化学分析前的钢号鉴定、预备分析。
- (2)炼钢炉前的快速钢号鉴定。
- (3)轧制钢材前的钢号分类。
- (4)工厂、金属公司中钢材因运输过程中混乱后的钢号分类。
- (5)铸工冶炼上所用废钢的分类。
- (6)机械设备零件维修时材料不明的钢号鉴定。
- (7)机械、锻造、半成品、成品件因管理不当造成混乱后的分类。

(8) 化学热处理渗碳层深度检查与确定渗碳层之碳含量。

(9) 钢的脱碳层深度检查。

四、火花的技术

火花各部命名：整个火花称火束。火束分三部分，即根部、中部、头部。每一根流动红线称火花中的流线，流线的粗细叫做厚度，火花中有声音爆炸叫做爆裂。钢铁中的火花是有碳素所引起的，流线中首次爆裂形成一次花，构成一次花的喷射线称芒线，在一次花的芒线上再次爆裂的花称二次花，在二次花的芒线上又爆裂的花称三次花，如果三次爆裂后的质点中还有碳素氧化燃烧，则形成碎花与花粉，但爆裂声此时极微弱。

火花命名示意图介：

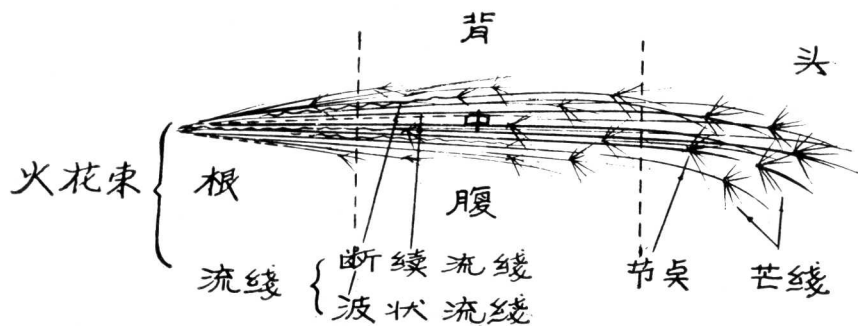
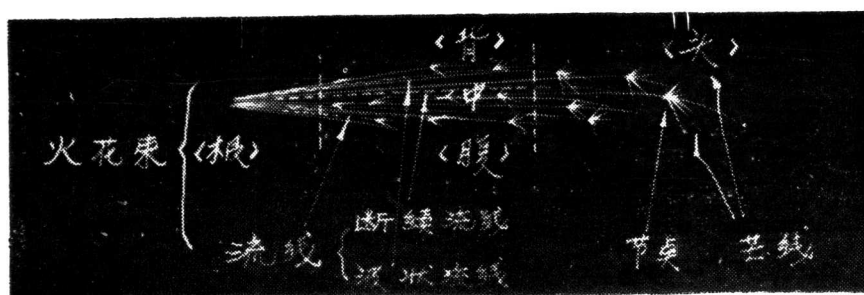


图 1

爆裂情况图介:

A.

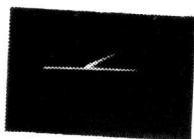


图2
一次爆裂
二根分枝



图3
一次爆裂
三根分枝

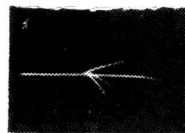


图4
一次爆裂
四根分枝



图5
一次爆裂
多根分枝



图6
一次爆裂
“星状”

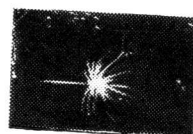


图7
一次爆裂
“菊花形”

B.

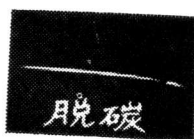


图8



图9



图10



图11



图12



图13

C.

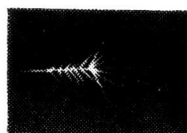


图14
鱼骨尾花
碳钢缺“Si”之爆花。

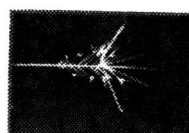


图15
羽毛状爆花
碳钢缺“Si”碳份渐增。

注: B组以优质碳钢为例。

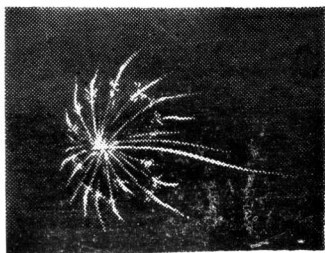


图16

孔雀尾花 (开屏)

高碳 + 含钨 $\sim 5\%$ + $\sim 0.5\%$ 铬。



图17

秃狐尾花

含钨 $< 9\%$ $> 7\%$ 铬 $\sim 2\%$ 。

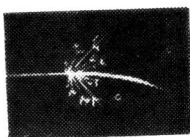


图18

狐尾爆花 (甲)

铬钨锰共存



图19

狐尾爆花 (乙)

铬钨硅共存

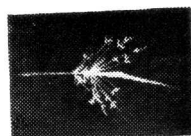


图20

狐尾爆花 (丙)

铬镍钨共存

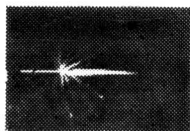


图21

松花状爆花

铬镍共存

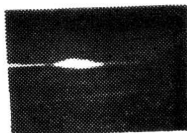


图22

椭圆形花苞 (肿胀)

含镍 $\sim 3.75\%$



图23

石榴花苞爆花或椭圆形花苞爆花

含镍 $\sim 3.75\%$ ，碳分有所增加。



图24

石榴花形爆花 (甲)

铬锰硅共存

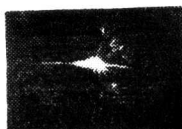


图25

石榴花形爆花 (乙)

硅锰共存



图26

石榴花的变态

中碳 + $\sim 9\%$ 铬 + $2-3\%$ 硅。

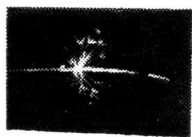


图27
中碳、镍、钼共存爆花呈二次爆花+松花花蕊+枪尖。

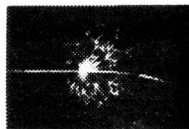


图28
高碳、铬、钼共存爆花呈菊花形爆裂，三次爆花+碎花+花粉+枪尖。



图29
枪尖
含钼花形



图30
石榴花的变态+枪尖。
中碳+~10%铬+2—3%硅+钼。



图31
竹叶
镁合金中呈现

D.



图32
表示含Mo 0.1% 的特征。



图33
表示含Mo 0.2% 的特征。



图34
表示含Mo 0.3% 的特征。



图35
表示含Mo 0.4% 的特征。



图36
表示含Mo 5 %左右的特征。

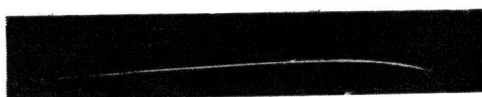


图37
表示含Mo 10 %左右的特征。



图38
表示含W 0.5 %左右的特征。



图39
表示含W 1 %左右的特征。



图40
表示含W 5 %左右的特征



图41
表示含W 8 %左右的特征



图42
表示含W 18 %左右的特征

E. 流线形状图介:



图43
稻叶状流线



图44
抛物状流线



图45
弯弧状流线



图46
丝状平直流线

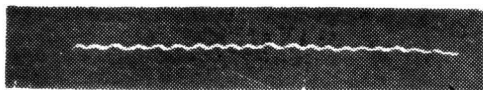


图47

波状流线



图48

螺旋状流线

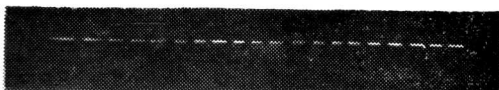


图49

断续流线

五、熔 珠

金属或合金的粉末子经氧化燃烧，（起始仅磨擦生成热）熔融而成熔珠。熔珠的命名来源于因其大略呈珠状。但亦有极不规则的熔与非熔体混合物。（这里意指黑色金属）。

熔珠的多少：一般与含碳的多少，氧化生成热的多少，压力轻重即磨擦生成热的多少，元素化学活动性（即易于氧化）的强弱，元素的物理性（即构成熔珠外层薄膜）的强弱，又称爆裂的强弱成正比例关系；与物质（元素物理性）熔点的高低成反比例关系。

熔珠的大小：一般与构成熔珠外层薄膜的弹性强弱，热能来源的多少，熔珠内压的大小（即 $\text{CO} + \text{CO}_2$ 气体的多少）成正比例关系。与爆裂的次数成反比例关系、即一次爆裂前的熔珠大于二次爆裂前的熔珠，二次爆裂前的熔珠大于三次爆裂前的熔珠。

熔珠的形状：一般说来合金钢的比较复杂、多样，尤其是工具钢；碳钢与低合金结构钢比较单一，即较为珠状化。熔珠的形状决定爆花的形状。温度较低的非熔物一般构成火束中的暗红色流线，此流线又大体上呈断续形与波状形。

介绍几种钢火花爆裂后的熔珠与颗粒

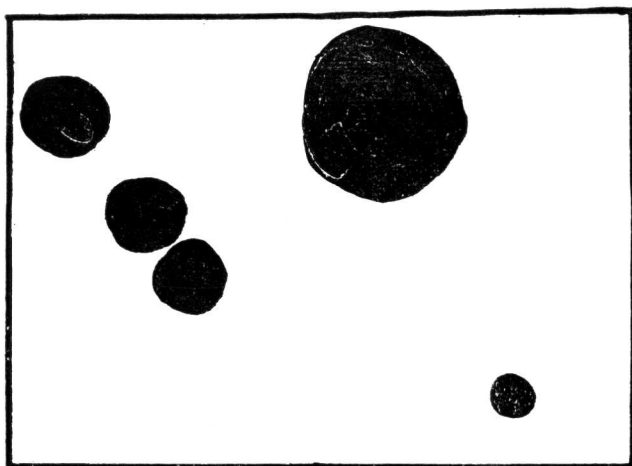


图50

F₃F × 150

图中熔珠分大、中、小三种，大的为初生熔珠，中的为次生熔珠，小的为三生熔珠。
(颗粒未拍入)

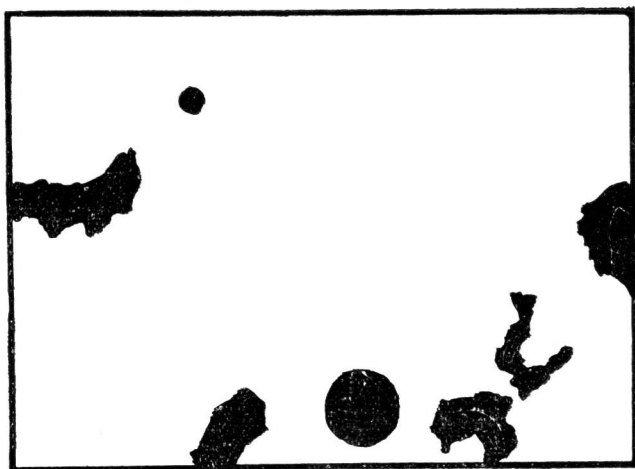


图51

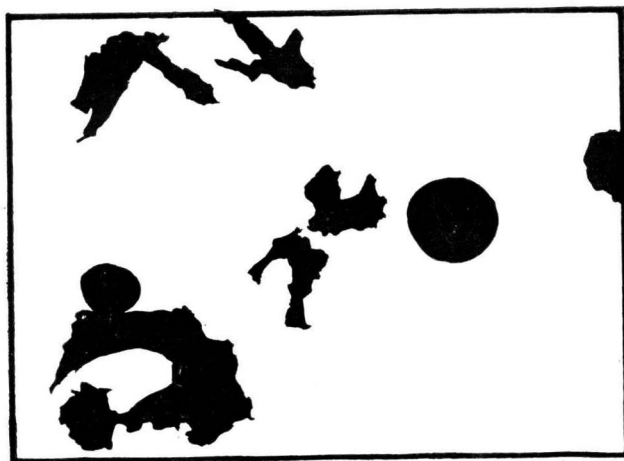


图52

45# 图51,52 $\times 120$

图中熔珠分大、中、小三种，大的为初生熔珠，中的为次生熔珠，小的为三生熔珠 + 未熔体、半熔体的颗粒。



图53

30 Cr Mn Si A $\times 150$

图中熔珠分大、中、小三种，大的为初生熔珠，中的为次生熔珠，小的为三生熔珠。熔珠数一般比同等含碳量的碳钢与其他合金结构钢为多。原因：硅的氧化生成热高，并硅的存在且较高含量时能使钢、铁水富于流动性、起活化钢、铁水之故。但熔珠多了，并不

绝对的火花爆裂就多，还得看碳份的多少，抗氧化性能的强弱，熔珠的表面胀力的高低来决定。一般讲来，熔珠多的形成火花爆裂的可能性就大些，花量也会有所增加。

未熔体与半熔体的颗粒比较粗短。

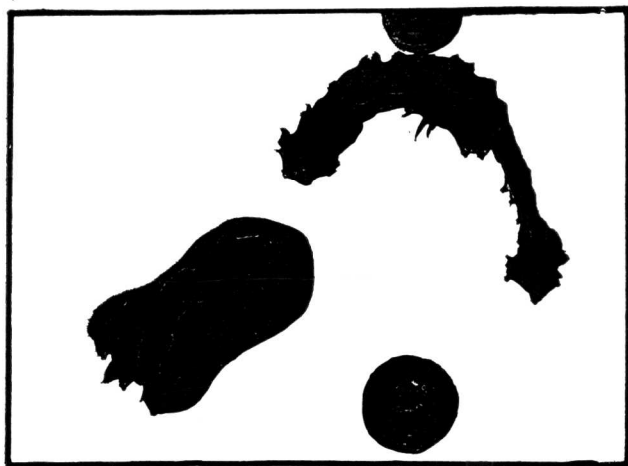


图54

20 Cr Mo A $\times 150$

图中熔珠分大、中二种，无小熔珠。(因为此钢种大体上呈一次爆裂) + 变态熔珠——奶头状 + 未熔体颗粒。奶头状熔珠与含钼枪尖形尾花有密切的关系。

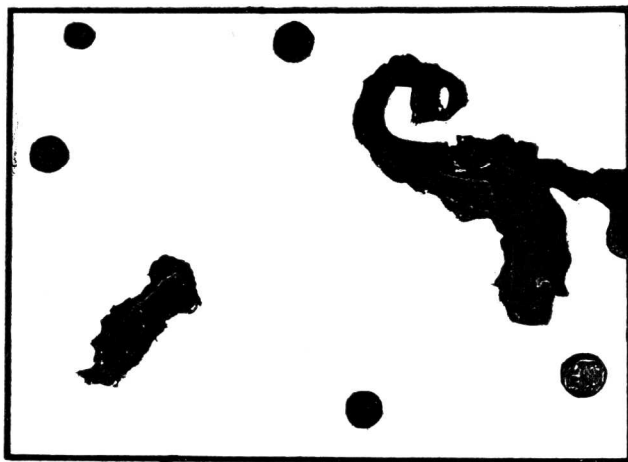


图55

30 Cr Ni3 $\times 150$

图中熔珠仅中、小型二种（大熔珠未显露）+ 未熔体、半熔体的颗粒。

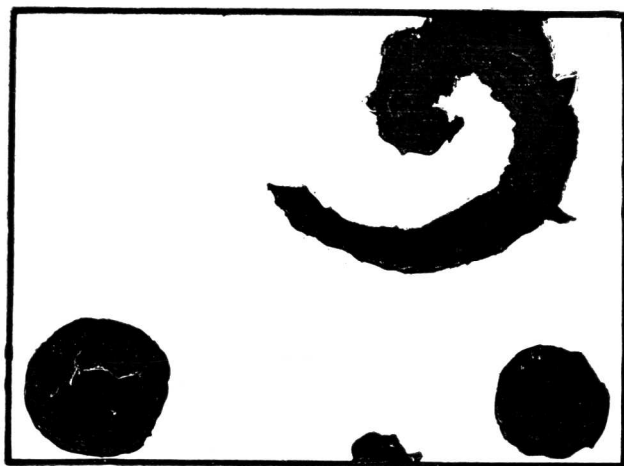


图56

Cr W Mn ×150

图中熔珠仅大、中型二种（小的未显露）+ 未熔体、半熔体颗粒。

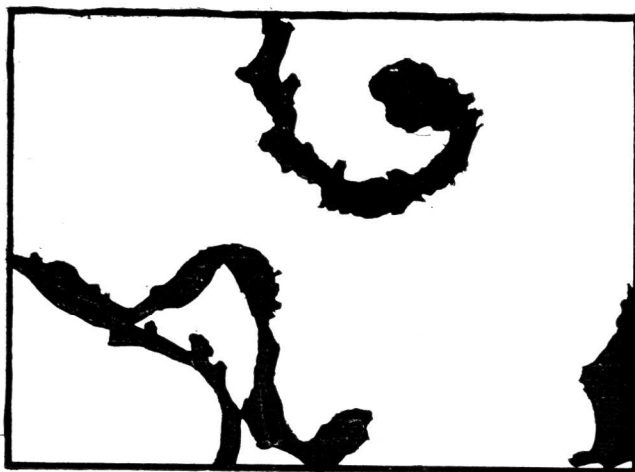


图57

W18 Cr4V ×150

图中仅未熔体与半熔体的颗粒，此钢种基本上没有熔珠产生，颗粒形状复杂，呈片、细、曲折长条状。

六、火花图解析

1. 渗碳与脱碳

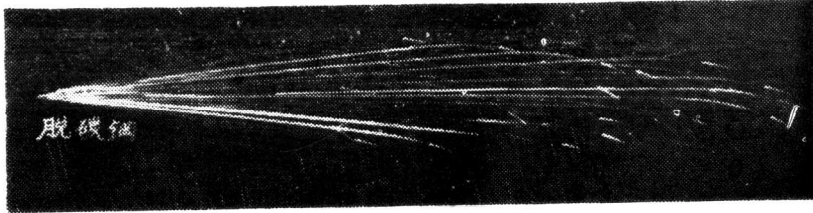


图58

火束较长，流线尽头出现明显的枪尖形尾花，又似蘸墨水笔头，流线细且少，火束根部有极不明显的波状流线与断续流线。

颜色：黄色——亮黄色。触觉反应抗力：弱

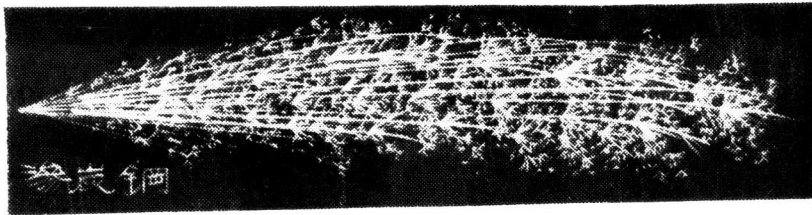


图59

火束短，流线多且细，根部有极不明显的波状流线与断续流线，爆花密集，呈多层叠开，布满整个火束，花形呈三次爆裂+碎花+花粉。碎花、花粉较多。

颜色：橘黄色。触觉反应抗力：弱，有硬、松之感。

2. 普碳——沸腾钢

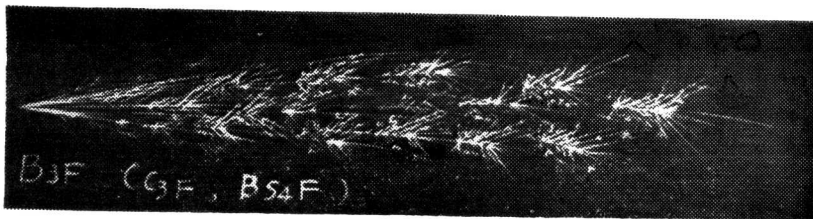


图60

火束较长，流线粗细适中，呈一次爆裂，有极少量的二次爆裂，花量较多，分布面积占火束全体的40—50%，无集中的爆裂点，花形呈羽毛状。

趋向：流线数渐增，芒线渐密，爆裂渐强，花量渐增，花形渐大，火束渐长，颜色渐亮。

颜色：亮黄色—黄色。触觉反应抗力：较强。



图61

火束较长，流线粗细适中，呈一次爆裂，有多量的二次爆裂，花量多，分布面积占火束全体的65—75%，无集中的爆裂点，花形呈羽毛状。

趋向：同上

颜色：亮黄色—黄色。触觉反应抗力：强。

3. 碳素结构钢（优质）

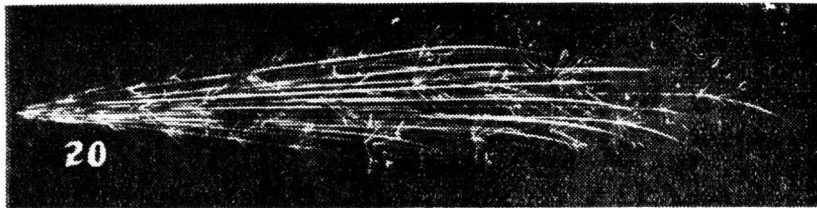


图62

主要化学成份<%>：C 0.17—0.24，Mn 0.35—0.65，Si 0.17—0.37。

火束次长，流线粗，流线尽头有时出现不明显的枪尖尾花，爆裂增多，呈一次爆裂多根分枝，也有多量的二次爆裂，花量分布面积占火束全体的20—25%，花角小。

趋向：爆裂数增多、其它同上。

颜色：亮黄色—黄色。触觉反应抗力：强。

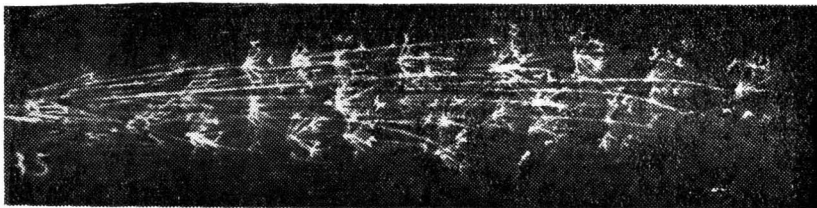


图63

主要化学成份(%)：C 0.32~0.40, Mn 0.50~0.80, Si 0.17~0.37。

火束次长，流线粗，爆裂增多，呈二、三次爆裂，花形为多根分枝二、三段开花，芒线密度增加，花量增多，分布面积占火束全体的35—40%，花角小。

趋向：爆裂次数增加，其它同上。

颜色：亮黄色—黄色。触觉反应抗力：次强。

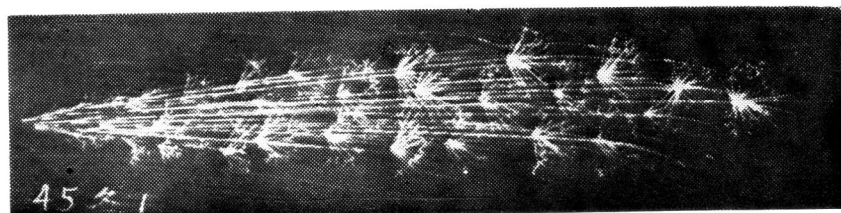


图64

主要化学成份(%)：C 0.44, Mn 0.65, Si 0.27。

火束长，流线粗细适中，爆裂增多，全体呈三次爆裂，花形为多根分枝三段开花，芒线密度增加，花量增多，分布面积占火束全体的45—50%，花角适中。

趋向：同上。

颜色：亮黄色。触觉反应抗力：弱。

4. 碳素工具钢

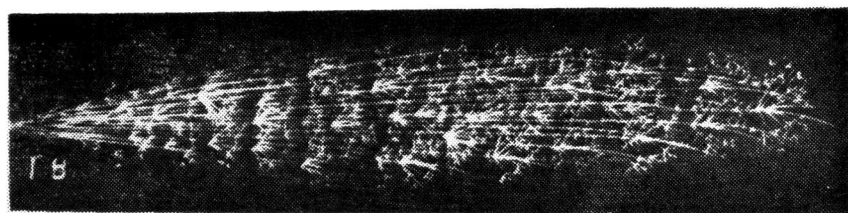


图65

主要化学成份(%)：C 0.75~0.84, Mn 0.20~0.40, Si 0.15~0.35。

火束长度中等，流线细、爆裂最强，全体呈三次爆裂+碎花，时而有花粉出现，花形大，为四段开花，花量分布面积占火束全体的80—85%，花角小。

趋向：火束渐短，芒线增密终止，爆裂增强终止，颜色增亮终止而转渐暗，其它同上。

颜色：亮黄色—黄色，触觉反应抗力，弱。