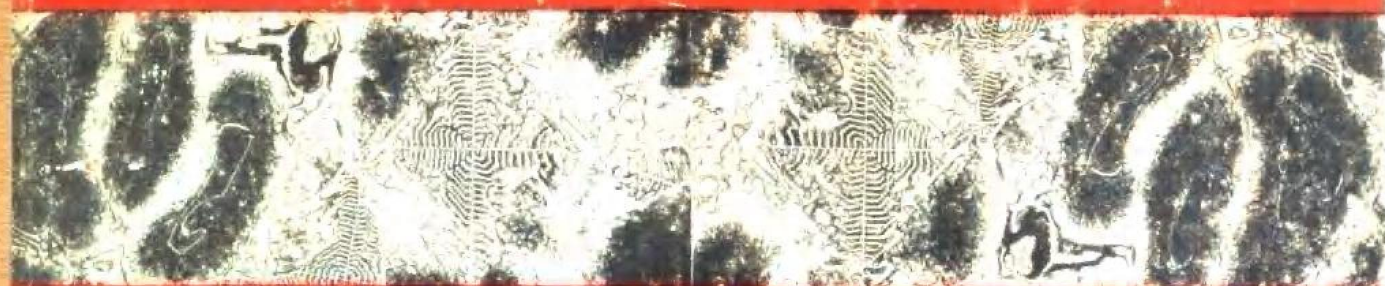


工具鋼金相圖譜



508
内部

工具钢金相图谱

作 者: 第一机械工业部机械科学研究院材料研究所
第一机械工业部第二局上海工具厂
出版发行: 材料研究所技术情报室报导组
(地址:上海市东长治路999号 电话452706)
印 制: 上 海 市 印 刷 三 厂
印 数: 5000册
工 本 费: 人民币6.50元

1967年8月第1版

最

高

指

示

領導我們事業的核心力量是中國共產黨。
指導我們思想的理論基礎是馬克思列寧主義。

《中華人民共和國第一屆全國人民代表大會
第一次會議開幕詞》

人類的歷史，就是一個不斷地從必然王國向自由王國發展的歷史。這個歷史永遠不會完結。在有階級存在的社會內，階級鬥爭不會完結。在無階級存在的社會內，新與舊、正確與錯誤之間的鬥爭永遠不會完結。在生產鬥爭和科學實驗範圍內，人類總是不斷發展的，自然界也總是不斷發展的，永遠不會停止在一個水平上。因此，人類總得不斷地總結經驗，有所發現，有所發明，有所創造，有所前進。停止的論點，悲觀的論點，無所作為和驕傲自滿的論點，都是錯誤的。其所以是錯誤，因為這些論點，不符合大約一百萬年以來人類社會發展的歷史事實，也不符合迄今為止我們所知道的自然界（例如天體史，地球史，生物史，其他各種自然科學史所反映的自然界）的歷史事實。

轉摘自《周恩來總理在第三屆全國人民代表大會
第一次會議上的政府工作報告》

馬克思主義的哲學辯證唯物論有兩個最顯著的特點：一個是它的階級性，公然申明辯證唯物論是為無產階級服務的；再一個是它的實踐性，強調理論對於實踐的依賴關係，理論的基礎是實踐，又轉過來為實踐服務。

《實踐論》

前 言

在伟大的毛泽东思想的光辉照耀下，由于贯彻自力更生、奋发图强的方针，我国的社会主义工业已取得了飞跃的发展。目前已能生产各种优质工具钢和制造各种精密工具，以满足工业发展的需要，并在赶超世界的先进技术水平。

工具钢由于生产和使用上的特点，对其质量的要求较高。金相检查是衡量工具钢质量的一种重要方法，而对组织的辨认与评定又是进行金相检查的先决条件。毛主席说：“人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。”在目前，编制一本工具钢的金相图谱，比较全面和系统地介绍我国工具钢的金相组织特征和热处理工艺之间的关系，以供生产检验的参考，是很需要的。

为了坚决贯彻党中央提出的科研为生产服务的方针，我们根据很多工厂的需要，进行本图谱的编制工作。编制原则以实用为主，力求与生产实际相结合。在计划的制订之前，曾较广泛地征集全国各地有关工厂、科研机构及高等院校等数十个单位的意见。在编制过程中，以专业性工厂作为试验基地，在工人、技术人员及有关领导的帮助下，吸取了生产中的经验和工艺数据编制而成。

本图谱分为四个部分：碳素工具钢、合金工具钢（刃具钢、量具钢、模具钢）、高速工具钢及硬质合金。在每一部分中，选取一些常用的钢种或合金作为代表。首先为文字说明，扼要地介绍了钢或合金的成份、性质、用途、组织、缺陷、技术要求和检验方法等。其次为金相图片，分别包括供应状态和热处理状态下的正常组织和常见的缺陷组织，对每一图片也有简单的文字说明。为了便于生产中参考，对某些组织（如珠光体、马氏体等）还分别列出了形态或分布的参考图。

本图谱虽曾多次与一些单位进行讨论，但仍有一定的缺点和局限性。

毛主席教导我们：“一个正确的認識，往往需要經過由物質到精神，由精神到物質，即由實踐到認識，由認識到實踐这样多次的反复，才能够完成。”为了使本图谱在实践过程中不断改进和提高，我们恳切地盼望有关单位及同志能提出批评和指正。

本图谱承 上海第五鋼鐵厂、上海华通开关厂、上海微型軸承厂、上海电表厂 等单位的大力协助，特此表示感谢。

对于其他许多曾提供资料及意见的单位及有关同志一并表示谢意。

机械科学研究院材料研究所
上 海 工 具 厂

目 录

第一部分 碳素工具钢

碳素工具钢简介	1
一、牌号及成份	1
二、性质及用途	2
三、组织及缺陷	2
四、技术要求	4
碳素工具钢金相图片	
珠光体形态参考图	8
网状碳化物分布参考图	12
马氏体针叶长度参考图	14
屈氏体含量参考图	18
T7、T12 钢热轧组织及退火组织	20
T7、T10 钢淬火组织及淬火——回火组织	22
T10、T11Cu 钢淬火组织及淬火——回火组织	24
T12A 钢淬火组织及淬火——回火组织	26
T12A 钢的缺陷组织	28
T12A 钢的缺陷组织——石墨碳	30
T12A 钢的缺陷组织——脱碳	32

第二部分 合金工具钢

刀具钢	35
I. 合金刀具钢简介	35
一、牌号及成份	35
二、性质及用途	35
三、组织及缺陷	36
四、技术要求	37
II. 合金刀具钢金相图片	
珠光体形态参考图	40
网状碳化物分布参考图	42
马氏体针叶长度参考图	44
9SiCr 钢退火组织及淬火组织	46
9SiCr 钢淬火组织及淬火——回火组织	48

CrWMn 钢退火组织、淬火组织及淬火—回火组织	50
9CrWMn、CrW5 钢退火组织、淬火组织及淬火—回火组织	52
9SiCr 钢的缺陷组织	54
CrWMn 钢的缺陷组织	56
模具钢	58
I. 合金模具钢简介	58
一、牌号及成份	58
二、性质及用途	58
三、组织及缺陷	60
四、技术要求	62
II. 合金模具钢金相图片	
9Mn2V 钢淬火组织	66
9Mn2V 钢淬火组织、淬火—回火组织及缺陷组织	68
Cr12 型钢碳化物不均匀性参考图	70
Cr12 钢淬火组织	74
Cr12 钢淬火组织及缺陷组织	76
Cr12 钢不同温度的回火组织	78
Cr12 钢淬火—回火组织及缺陷组织	80
Cr12MoV 钢退火组织及淬火组织	82
Cr12MoV 钢淬火组织、淬火—回火组织及缺陷组织	84
Cr6WV 钢碳化物不均匀性参考图	86
Cr6WV 钢退火组织、淬火组织及淬火—回火组织	90
Cr6WV 钢淬火组织及缺陷组织	92
Cr6WV 钢淬火—回火组织	94
5CrMnMo 钢淬火组织	96
5CrMnMo 钢淬火组织及不同温度的回火组织	98
3Cr2W8V 钢退火组织及淬火组织	100
3Cr2W8V 钢淬火组织	102
3Cr2W8V 钢不同温度的回火组织	104
模具钢化学热处理组织	106
量具钢	110
I. 合金量具钢简介	110
一、牌号、成份及用途	110
二、性质及要求	110
三、组织及缺陷	111
四、技术要求	113

II. 合金量具鋼金相图片

GCr15 钢珠光体形态参考图	118
GCr15 钢网状碳化物分布参考图	120
GCr15 钢氧化物夹杂分布参考图	122
GCr15 钢硫化物夹杂分布参考图	124
GCr15 钢球状不变形夹杂物分布参考图	126
GCr15 钢带状组织分布参考图	128
GCr15 钢碳化物液析分布参考图	132
GCr15 钢淬火马氏体形态参考图	136
GCr15 钢加热和冷却不足时形成的组织参考图	140
GCr15 钢淬火组织	142
GCr15 钢淬火组织、淬火——回火组织及缺陷组织	144
GCr15 钢缺陷组织	146
CrMn 钢淬火——回火组织及缺陷组织	148
Cr2 钢淬火组织及淬火——回火组织	150
4Cr13 钢退火组织及淬火——回火组织	152
9Cr18 钢退火组织及淬火组织	154
9Cr18 钢淬火组织及缺陷组织	156

第三部分 高速工具鋼

I. 高速工具鋼簡介

一、牌号及成份	159
二、性质及用途	159
三、组织及缺陷	161
四、技术要求	162

II. 高速工具鋼金相图片

高速钢碳化物不均匀性参考图	166
高速钢碳化物不均匀性(带状)参考图	170
高速钢锻件碳化物不均匀性参考图	174
高速钢奥氏体晶粒度参考图	176
淬火过热参考图	178
W18Cr4V 钢退火组织、淬火组织及淬火——回火组织	180
W18Cr4V 钢淬火组织及淬火——回火组织	182
W18Cr4V—45 钢对焊组织	184
W18Cr4V 钢化学热处理组织	190

200832.

W18Cr4V 钢的缺陷组织	192
W18Cr4V 钢铸造刀具组织	196
W9Cr4V2 钢退火组织、淬火组织及淬火——回火组织	202
W12Cr4V4Mo 钢退火组织、淬火组织及淬火——回火组织	204
W6Mo5Cr4V2、W6Mo5Cr4V2Co8 钢退火组织、 淬火组织及淬火——回火组织	206

第四部分 硬質合金

I. 硬質合金簡介	209
一、牌号及成份	209
二、性质及用途	209
三、组织及缺陷	210
四、技术要求	211
五、金相试样的制备和检验方法	212
II. 硬質合金金相图片	216
孔隙含量参考图	216
石墨含量参考图	220
污垢含量参考图	222
硬质合金的显微组织	224
硬质合金的缺陷组织	226

碳素工具鋼簡介

碳素工具鋼是含碳量較高的碳鋼(C 0.65~1.35%)。依其雜質含量的不同,可分為優質鋼(如 T8、T12 等)和高級優質鋼(如 T8A、T12A)兩大大類。高級優質碳素鋼的 S、P 含量較優質鋼為低, Mn、Si 含量範圍也較狹窄,所以鋼材具有較好的性能。

碳素工具鋼經熱處理後具有高的硬度和耐磨性,冶煉方法較合金鋼簡單,價格便宜,廣泛地用於製造各種工具及零件。碳素工具鋼的主要缺點是淬透性較小,因而其使用範圍受到一定的限制。

一、牌 號 及 成 份

碳素工具鋼的牌號及化學成份見表 1—1。

表 1—1

碳素工具鋼的牌號及化學成份

(YB) 5—59

鋼 號		化 學 成 份 (%)				
牌 號	代 號	C	Mn	Si	S	P
碳 7	T7	0.65~0.74	0.20~0.40	0.15~0.35	≤0.030	≤0.035
碳 8	T8	0.75~0.84	“	“	“	“
碳 8 錳	T8 Mn	0.80~0.90	0.35~0.60	“	“	“
碳 9	T9	0.85~0.94	0.15~0.35	“	“	“
碳 10	T10	0.95~1.04	“	“	“	“
碳 11	T11	1.05~1.14	“	“	“	“
碳 12	T12	1.15~1.24	“	“	“	“
碳 13	T13	1.25~1.35	“	“	“	“
碳 7 高	T7A	0.65~0.74	0.15~0.30	0.15~0.30	≤0.020	≤0.030
碳 8 高	T8A	0.75~0.84	“	“	“	“
碳 8 錳高	T8MnA	0.80~0.90	0.35~0.60	“	“	“
碳 9 高	T9A	0.85~0.94	0.15~0.30	“	“	“
碳 10 高	T10A	0.95~1.04	“	“	“	“
碳 11 高	T11A	1.05~1.14	“	“	“	“
碳 12 高	T12A	1.15~1.24	“	“	“	“
碳 13 高	T13A	1.25~1.35	“	“	“	“

二、性質及用途

1. 性質

碳素工具鋼由于含碳量高, 具有較多的碳化物, 經熱處理后具有高的硬度 (HRC*60~65), 制成的刀具有較好的耐磨性和一定的切削能力。但与合金工具鋼相比, 碳素工具鋼的熱硬性差, 当刀具的切削溫度高于 200~250℃ 时, 其硬度及耐磨性即急剧下降。这是它的主要缺点。此外, 熱處理时变形較大以及淬透性較小等也都是碳素工具鋼不足的地方。

2. 用途

广泛地用于制造各种轻型切削工具如操作时刀刃受熱程度較低的手用刀具、低速及小走刀量之机用工具等(如表 1—2)。此外也用于制造部分量具及模具。

表 1—2

碳素工具鋼的用途

鋼 号	用 途
T7、T7A	制造能承受震动与冲击及需要在适当硬度下具有较大韧性的工具, 如凿子、简单胶木模、锻造用模、硬印、较钝之外科手术用具、各种鏈子、木工工具等。
T8 Mn A	制造锉刀、手锯、锯条等。
T8、T8A	制造承受震动及需要足够韧性下具有较高硬度的各种工具, 如简单模子、冲头、剪切金属用剪刀或刀子、硬印、木工工具、钻凿工具、锋利的刀具等。
T9、T9A	制造具有一定硬度及韧性之冲模、冲头、木工工具等。
T10、T10A	制造不受突然震动及在锋利刃口上有少许韧性之工具, 如鉋刀、拉丝模、冷冲模、丝锥、板牙、手锯锯条、刀子等。
T12、T12A	制造不受震动及需要极高硬度的各种工具, 如钻头、丝锥、锋利的外科刀具、锉刀、刮刀等。
T13、T13A	制造不受震动及需要特别高硬度的各种工具, 如切削工具、剃刀、锉刀、雕刻用工具等。

三、組織及缺陷

1. 退火状态的組織及缺陷

退火状态的正常組織为分布均匀的球状珠光体。当鋼被加热至稍高于 A_{c1} 溫度并缓慢冷却时, 奥氏体发生分解而形成球状組織。所形成組織的彌散程度随鋼的加热溫度、停留时间和冷却速度而不同。較慢的冷却或在較高溫度下的等溫停留, 可获得較粗大的球状珠光体。

退火过程中所造成的缺陷, 主要有以下几种:

(一)片状和点状珠光体:

片状和点状珠光体的产生, 主要是由于退火不良。当退火加热溫度較低或冷却速度較大, 則形成点状珠光体 (放大 500×)。如退火加热溫度过高, 則由于溶解了大部分碳化物, 减少

* HRC 为我国国家科委计量局 1962 年实行的硬度新基准。下同。

了作为结晶核心的质点数量，所以在冷却过程中形成片状组织，此时硬度较高，可切削性较差，淬火过热敏感性大，工具热处理后的变形量也大。

(二)网状碳化物：

由于热加工终止温度过高，冷却速度较小，或退火温度过高，冷却过于缓慢，则会引起钢的晶粒长大。在冷却过程中，一部分在高温加热时溶入奥氏体中的二次碳化物将沿晶界析出而形成网状碳化物。网状碳化物降低钢的机械性能，特别是冲击韧性的显著降低，使刀具在使用过程中易造成崩刃现象。

(三)石墨碳：

石墨碳系指在钢的显微组织中所出现的灰黑色点状或片状的石墨夹杂物，在钢的断口上表现为黑色或深灰色。石墨碳也可用化学分析方法作定性或定量的测定。

在下述情况下常会引起石墨碳的析出：热压力加工终止于高温（约1000℃），而随后又进行缓慢冷却，在750°~800℃下进行长时间的停留；或在700~720℃间进行长时间的退火。此外，如退火工艺不正确，多次退修退火等也会产生石墨碳。

石墨碳的存在对钢的基体起着分割的作用，降低了钢的强度，增加了钢的脆性。石墨碳出现在切削刃处会引起工具刃口的剥落，降低工具的耐用度。

(四)脱 碳：

钢在退火过程中，由于加热温度过高和保温时间过长，会引起表面的脱碳。脱碳层之最严重部分为铁素体组织；其次是铁素体加片状珠光体、片状珠光体加球状珠光体。当脱碳程度不很严重时，表面可能不出现单纯的铁素体组织。

2. 淬火和回火状态的組織及缺陷

碳素工具钢由于淬透性较差，一般应在水中淬火才能保证工具获得高的硬度和一定的淬透深度。但为了减少工具淬火时的变形，也可采用先水后油的双液淬火，或用低温熔盐（150°~200℃）淬火。经淬火后的正常组织为针状马氏体、碳化物和残留奥氏体。截面较大的工具，虽在水中冷却，但只有表面层获得马氏体，而心部则为马氏体-屈氏体，有时为100%屈氏体。如果加热保温时间太短，有时还可能存在未转变的原始珠光体组织。

碳素工具钢在淬火和回火后所产生的缺陷主要有以下几方面：

(一)过 热

过热系由于淬火温度过高或保温时间过长，而导致钢的组织粗大，工厂中判定淬火过热的方法通常是观察马氏体针叶的长度。针叶越长则过热情况越严重。一般钢的过热程度也可以从晶粒度的大小来衡量，但由于晶粒度的测定须经特殊的处理，所以不适合于生产中的应用。过热的工具，其物理性质及机械性能均较差。

(二)裂 纹

裂纹大都发生在用水淬火的工具。出现裂纹的原因主要是淬火温度选择不当、加热或冷却速度过大、淬火时冷却不均匀等。

(三)回火不足

由于回火（150°~180℃）加热时间不足，产生回火不足现象，其特征是磨面不易侵蚀，在显微组织中存在有未回火之针状马氏体。

正常回火后的金相组织必须是回火马氏体（黑色，看不出针状）和碳化物。

(四)脱 碳

淬火加热时，由于周围氧化气氛的作用，或在脱氧不良的熔盐中进行加热，使钢的表面

含碳量降低。生产中所发现的脱碳现象一般均是部分脱碳；它的金相特征是表层过剩碳化物的数量减少。如果在刃磨时工具的切削面不经磨削，致脱碳层未被去除，则工具的切削性能降低，容易损坏。

四、技术要求

碳素工具钢原材料的技术要求按冶标 (YB) 5—59 规定，或按用户与钢厂的特殊协议。热处理及成品的技术要求，则可根据各工厂对工具的要求而自行制订。

1. 原材料的技术要求

对供应状态的钢材，一般检验的项目主要有下列数项：

(一) 化学成份：应符合表 1—1 规定。化学成份是正确掌握钢材的热处理工艺及保证热处理后性能的重要条件。应用火花鉴别可以迅速地区分钢号，防止钢种混错，溯补化学分析取样的不足。

(二) 表面质量：包括对钢材表面缺陷、尺寸、弯曲度等的规定。

(三) 脱碳层：允许的脱碳层按 (YB) 5—59 规定。脱碳层在机械加工过程中必须去除。高碳钢的脱碳层深度可在退火状态下的金相试样上直接进行测定。热轧、锻造钢的一边脱碳层的深度，按实际尺寸计算不得超过表 1—3 的规定。

表 1—3 原材料脱碳层允许的深度 (YB) 5—59

钢 材 尺 寸 (毫 米)	脱 碳 层 深 度 (毫 米)
6~10	0.35
>10~16	0.45
>16~25	0.55
>25~40	0.70
>40~60	0.92
> 60	1.5%

(四) 硬度

(甲) 退火状态硬度：退火状态硬度 (见表 1—4) 是保证材料能顺利进行切削加工的条件。若材料硬度高，切削加工就发生困难。

表 1—4 退火状态的碳素工具钢硬度 (YB) 5—59

钢 号	布 氏 硬 度 (HB) 不 大 于	压痕直径 (毫米) 不小于 (D=10 毫米, P=3000 公斤)
T7、T7A	187	4.4
T8、T8A	187	4.4
T8 Mn	187	4.4
T9、T9A	192	4.35
T10、T10A	197	4.3
T11、T11A	207	4.2
T12、T12A	207	4.2
T13、T13A	217	4.1

(乙)淬火后硬度: 淬火后硬度系指试样按规定温度淬火后应达到的硬度。淬火温度及淬火后硬度见表 1—5。

表 1—5 碳素工具钢淬火温度及淬火后硬度 (YB) 5—59

钢 号	淬 火 温 度 * (°C)	硬 度 **, 不 小 于
T7、T7A	800~820°, 水	Rc 62
T8、T8A	780~800°, 水	Rc 62
T8 Mn	780~800°, 水	Rc 62
T9、T9A	760~780°, 水	Rc 62
T10、T10A	760~780°, 水	Rc 62
T11、T11A	760~780°, 水	Rc 62
T12、T12A	760~780°, 水	Rc 62
T13、T13A	760~780°, 水	Rc 62

* 淬火保温时间: 盐浴炉 18~30 秒/毫米, 箱式炉 50~80 秒/毫米。

** Rc 硬度值为旧基准, 下同。

(五)金相组织

(甲)珠光体级别: 退火状态的正常组织应为球状珠光体。但如由于退火不良, 往往会出现片状珠光体, 或球化不完全(片状珠光体+球状珠光体)。生产实践及试验结果表明, 片状珠光体会降低工具切削加工后的光洁度, 可切削性较差, 热处理过程中的过热敏感性较大, 因而造成组织粗大以及变形量增加。所以要求供应具有球状珠光体的钢材。按冶标规定级别如表 1—6。

表 1—6 珠光体级别的允许范围 (YB) 5—59

钢 号	钢 材 尺 寸 *, 直径、边长、厚度	珠 光 体 允 许 级 别
T7(A) 至 T9(A)	≤60 毫 米	2~9 级
T10(A) 至 T13(A)	≤60 毫 米	3~8 级

* 大于 60 毫米根据协议规定。

(乙)网状碳化物: 高碳钢具有较多的过剩碳化物。在正常状态下, 碳化物应呈均匀点状分布。如碳化物呈线段状、构成全封闭或不封闭的网状, 则增加钢的脆性。

按 (YB) 5—59 规定: 对 ≤60 毫米圆钢材, 网状碳化物 ≤3 级为合格。

对 >60~100 毫米圆钢材, 网状碳化物 ≤4 级为合格。

(丙)淬透性: 淬透性系指钢材的淬透能力, 用淬透深度来衡量。其具体数值可根据用户与钢厂的协议确定。测定时根据 (GB) 227—63 “碳素工具钢淬透性测定法” 进行。

2. 热处理后的技术要求

碳素工具钢热处理后的技术要求主要是硬度及金相组织。其具体要求可根据工具的性质和用途而定。如用于制造切削刀具, 硬度要求较高(一般可至 HRC 61~64); 如用于制造模子, 硬度可略低(如 HRC 50~60 之间)。金相组织方面, 要求热处理后具有较细小的马氏体; 对重要和要求严格的工具, 马氏体针叶长度可按照参考图 ≤2 级; 一般产品可在 3~4 级。

除了上述内容以外, 如回火的充分程度、碳化物的溶解程度等都可作为参考的技术要求。

碳素工具鋼金相图片

碳素工具鋼金相图片

珠光体形态参考图

碳素工具鋼经球化退火时, 由于热处理工艺的差异, 出现各种不同形态的珠光体组织。珠光体形态对材料的硬度、加工性能、热处理变形量等均有一定的影响。如片状珠光体的硬度较高, 机械加工后表面光洁度差, 热处理变形大等等。所以对退火状态的珠光体形态有一定的要求。

珠光体形态的金相检查的试样, 取鋼材的横截面试样进行; 侵蚀剂为 4% 苦味酸酒精(或 4% 硝酸酒精) 溶液; 放大倍数为 500×; 选择试样上最差视场与参考图片进行比较。

珠光体形态参考图片的特征是: 1~3 级以细片状珠光体含量为主要评定依据; 4~6 级以小球状或球状珠光体含量为主要评定依据; 7~10 级以粗片状珠光体含量为主要评定依据。

图次	名称	处	理	組織及說明
1—1	珠光体形态参考图 1 级	退	火	细片状珠光体 ^[1] 约占 60% 以上, 余为点状 ^[2] 及小球状珠光体 ^[3] 。
1—2	珠光体形态参考图 2 级	退	火	细片状珠光体占 30~40%, 余为点状及小球状珠光体。
1—3	珠光体形态参考图 3 级	退	火	细片状珠光体占 10% 左右, 余为小球状及球状珠光体 ^[4] 。
1—4	珠光体形态参考图 4 级	退	火	小球状珠光体约占 50%, 余为球状珠光体。
1—5	珠光体形态参考图 5 级	退	火	球状珠光体约占 70%, 余为小球状珠光体。
1—6	珠光体形态参考图 6 级	退	火	球状珠光体约占 90%, 余为小球状珠光体。