

# 国外汽缸套材料标准概况

赵世群

(上海内燃机研究所)

〔摘要〕本文介绍了联邦德国、日本、奥地利、美国CUMMINS公司和英国WELLWORTHY公司气缸套合金灰铸铁材料的机械性能、金相组织及其评定方法。

目前国内外制造缸套的主要材料仍为铸铁。一方面是铸铁较好的满足了缸套材料的要求；另一方面是铸铁具有“价廉物美”的优点。各种不同的铸铁具有一定的硬度、强度、贮油自润性、耐磨性、工艺性和经济性，所以大部分缸套材料仍为合金铸铁或灰铸铁。下面介绍一下国外缸套铸铁材料标准情况。

## 一、西德DIN73025—1964灰铸铁气缸套

1 金相组织的评定：石墨为细片状、无方向性、分布尽量均匀；石墨大小（按ASTM标准A247—47）4～6级；基体组织为细片状珠光体，游离铁素体小于5%，磷共晶呈断续网孔状分布，不允许渗碳体和莱氏体。

2、硬度试验：重力浇注铸件，布氏硬度为180～240公斤力/mm<sup>2</sup>，离心浇注铸件为200～260公斤力/mm<sup>2</sup>。

## 二、日本JISD3103—1976汽车发动机缸套：

1、机械性能：硬度要求HRB92～108或HB192～321；抗拉强度应不低于25公斤力/厘米<sup>2</sup>〔245牛顿/毫米<sup>2</sup>〕。

2、显微组织应为珠光体基体上有均匀分布的石墨片和磷共晶，以及少量的游离铁素体析出。

## 三、奥地利干式离心铸造、含铬的珠光体铸铁：

金相组织：石墨应为A型+B型，细到中等长度；基体组织为细片状珠光体。铁素体不超过5%，磷共晶呈断续网状均匀分布，无莱氏体和游离渗碳体。

## 四、美国Cummins公司材料标准：

1、离心铸造，铜镍铬钼高合金铸铁。

机械性能：抗拉强度为276MPa，硬度为HB229～293；

金相组织：石墨为A型，B型+C型石墨小于25%，C型、E型石墨小于10%，石墨大小（按ASTM标准）为4～6级；基体组织：细片状珠光体，游离铁素体小于5%，游离碳化物小于5%，磷共晶呈细小、断续网状分布、分布均匀。

## 2、离心铸造，中合金铸铁。

机械性能：抗拉强度为227.5MPa，硬度HB207~208，

金相组织：石墨为A型为主，B型小于25%，C型小于10%，D型+E型小于25%；基体组织为细片状珠光体，铁素体小于5%，游离碳化物小于5%，5%磷共晶呈均匀分散分布。

## 3、离心铸造低合金低磷铸铁。

机械性能：抗拉强度为239MPa，硬度为HB209~303，

金相组织：石墨为A型，B型和C型各小于25%，D型+E型小于10%，基体组织为细片状珠光体，铁素体小于10%，碳化物小于5%，5%的磷共晶呈均匀分散分布。

# 五、英国WELLWORTHY材料标准

## 1、CI、1离心铸造、中磷灰铸铁。

机械性能：抗拉强度为17.5吨力/吋<sup>2</sup>（270兆牛顿/米<sup>2</sup>），硬度HB230~295（洛氏RB 98~106）

金相组织：石墨主要为B型和A型，D型和E型尽量少，基体组织为细片状和莱氏体型珠光体，游离铁素体不超过10%，或规定得更低一些，磷化物呈断续网状分布。

## 2、CI、3离心铸造，低合金灰铸铁

机械性能：抗拉强度20吨力/吋<sup>2</sup>（309兆牛顿/米<sup>2</sup>），硬度HB255~296（RC25~32）

金相组织：石墨主要为B型和A型，D型和E型尽量少，基体组织为细片状珠光体，游离铁素体不超过10%，游离碳化物不超过5%，磷共晶呈断续网状分布，分布均匀。

## 3、CI、4离心铸造、高负荷铸铁：

机械性能：抗拉强度极限为20吨力/吋<sup>2</sup>（309兆牛顿/米<sup>2</sup>）硬度HB269~320（RC 24~32）。

金相组织：在片状珠光体基体上均匀分布着非针状碳化物，石墨呈聚集的回火碳和短片状。

## 4、CI、5离心或砂型铸造、铬合金铸铁：

机械性能：抗拉强度极限为40吨力/吋<sup>2</sup>（6.8兆牛顿/米<sup>2</sup>）硬度：退火态HB272~322（RC28~35）。

金相组织在富铬的铁素体基体上均匀分布着复合碳化物。

## 5、CI、7砂型铸造，中磷灰铸铁

机械性能：抗拉强度极限为17吨力/吋<sup>2</sup>（262兆牛顿/米<sup>2</sup>），硬度为HB200~245（RB 93~102）

金相组织：石墨为A型，大小3~5级（ASTM），基体组织为片状珠光体，二元磷共晶均匀分布，允许微量游离铁素体。（图1所示）

## 6、CI、14离心铸造，灰铸铁湿式缸套和CI、14A为要求带A型石墨的缸套。

机械性能：抗拉强度极限为16.5吨力/吋<sup>2</sup>（255兆牛顿/米<sup>2</sup>），硬度HB217~277（RB 96—RC29）

金相组织：CI、14石墨以B型和A型为主，游离铁素体小于10%，细小单个磷共晶均匀分

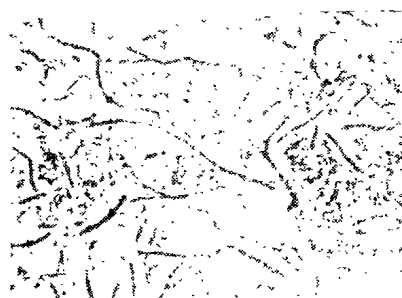
布在细片状珠光体上（游离铁素体的下限和含磷量的上限根据要求而定）。

CI、14A石墨为A型为主，石墨大小3~6级（ASTM），游离铁素体小于10%，细小单个磷化物均匀分布在细片状珠光体上。

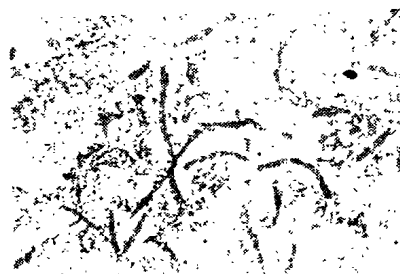
#### 7、CI、15离心铸造、高磷珠光体灰铸铁

机械性能：抗拉强度极限17.5吨力/时<sup>2</sup>（270兆牛顿/米<sup>2</sup>），硬度HB230—295（RB98~106）

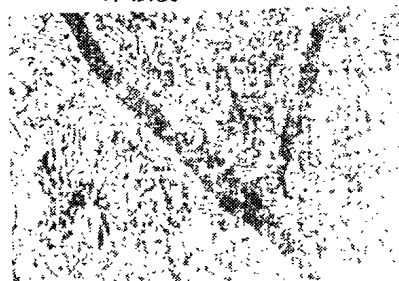
金相组织：石墨以B型和A型为主，D、E型尽量少，游离铁素体小于10%，磷化物呈网状分布在细片状珠光体基体上。（图2所示）



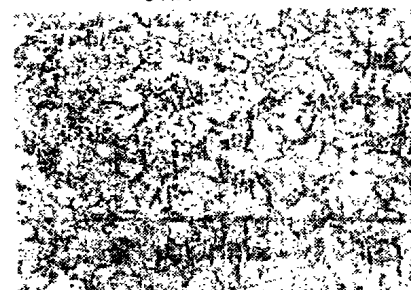
未蚀浸 ×100



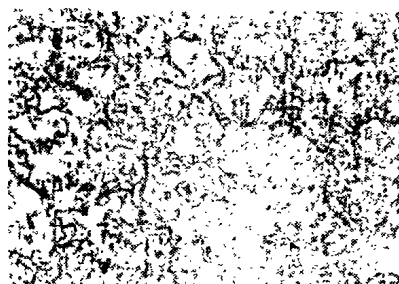
浸蚀 ×200



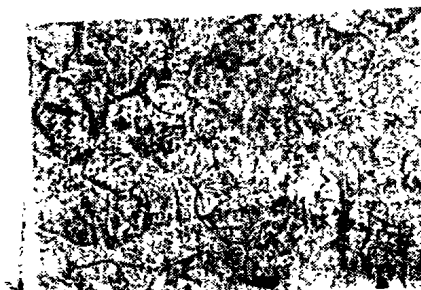
腐蚀 ×750



未腐蚀 ×100



腐蚀 ×200



腐蚀 ×750

图1 CI、7中磷灰铸铁金相组织。

图2 CI、15珠光体灰铸铁金相组织

#### CI、24离心铸造合金铸铁

机械性能：抗拉强度极限18磅/时<sup>2</sup>，硬度HB192~293（RB92~104）。

金相组织：石墨以B型和A型为主，D、E型尽量少，允许有游离铁素体和游离碳化物（最多5%），基体为细片状珠光体。

CI、24A要求A型石墨（外圆），离心铸造的汽缸套、合金铸铁。

机械性能：抗拉强度极限18.1磅/时<sup>2</sup>(280兆帕)，硬度HB229~293(RB95.4~104.4)。

金相组织：在外圆面并延伸到至少等于50%径向厚度处，石墨以A型为主，尺寸(ASTM)4~6级，允许少量B型石墨，游离铁素体或游离碳化物任意分布，并且不超过5%，铸态基体为珠光体。

8、CI、25A离心铸造、用于合金铸铁具有A型石墨的薄壁缸套。

机械性能：抗拉强度极限(最小)22吨/时<sup>2</sup>，硬度HB228~269(洛氏RB98~RC27)。

金相组织：石墨以A型为主，少量B型，石墨大小为(ASTM)4~6级，游离铁素体和游离碳化物不超过5%，并且呈分散分布于珠光体上。

## 六、金相组织的评定：

### 1、铸铁石墨大小和形状的评定：

正确的抛光金相试样对检验石墨是非常必要的，正确的抛光石墨应是中灰色，而不是黑色，错误的抛光使石墨曳尾或遭破坏，严重时引起脱落、形成空洞都是不允许的。

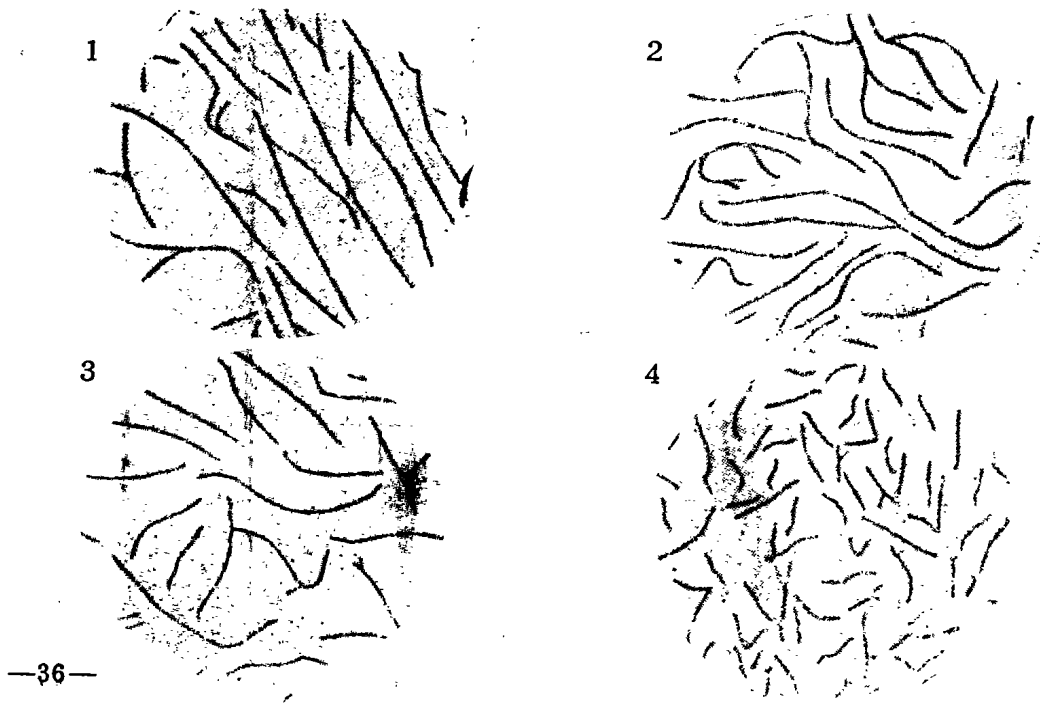
#### 1) 片状石墨大小的评定：

一般来说英国、美国、苏联和欧美一些国家对石墨大小的评定基本上采用美国材料试验协会ASTM、A247~67标准，石墨尺寸标准见表1。

表1 ASTM、A247 石墨尺寸标准

尺寸等级	1	2	3	4	5	6	7	8
放大100倍下最大尺寸(mm)	128	64	32	16	8	4	2	1

石墨的测量方法可用测量目镜或与标准图片比较进行，图3是石墨尺寸参照图。



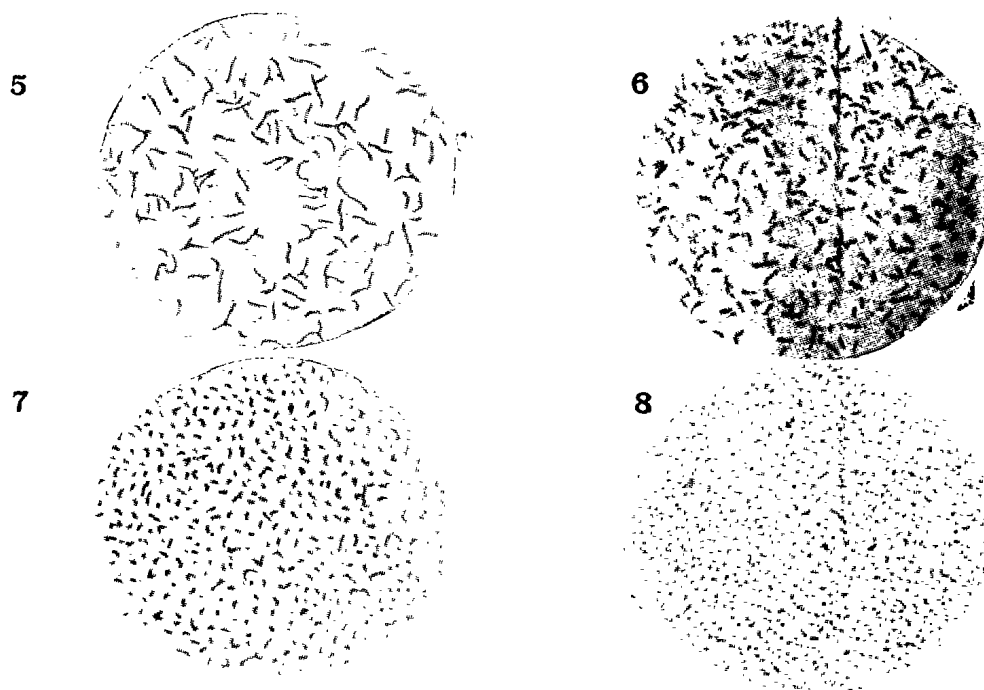


图3 ASTM、A247 片状石墨尺寸标准(图片缩小到70%)

## 2) 石墨形状的评定:

石墨的形状按ASTM标准A247可分为五类: A型、B型、C型、D型和E型石墨, 如图4所示。

①A型石墨: 是均匀无方向性分布的片状石墨。

②B型石墨: 点状石墨被卷曲的片状石墨所包围, 无方向性, 好象菊花一般, 称菊花状(或蔷薇状)石墨。

③C型石墨: 是由大片状石墨, 与较细的共晶石墨组成, 石墨大小相差很远, 分布较均匀, 无方向性。

④D型石墨: 点状或细小片状石墨无方向性分布。

⑤E型石墨: 初生奥氏体的晶间, 分布着方向性短片状石墨, 或者点状、细小片状石墨, 呈方向性分布。

## 2、铸铁中游离铁素体的测定

用恰当的方法制备金相试样, 并用合适的腐蚀剂浸蚀, 然后在放大200倍下观察, 测定铁素体的数量。一般来说, 腐蚀剂常用1~5%的硝酸酒精溶液, 浸蚀时间、由铁素体清晰可见而定。如果铁素体与碳化物分不清, 可用苦味酸钠, 使碳化物变黑来区分。

铁素体所占百分含量, 可与标准图片对比, 或直接测量; 采用正方形计数法确定: 试样在合适的放大倍数下观察, 但通常都用200×, 图象用1mm的正方形描图纸复盖, 而且数出正方形所包含的铁素体数, 并计算其总数占正方形的百分比, 正方形的投影屏可放在显微镜上的描图纸处。

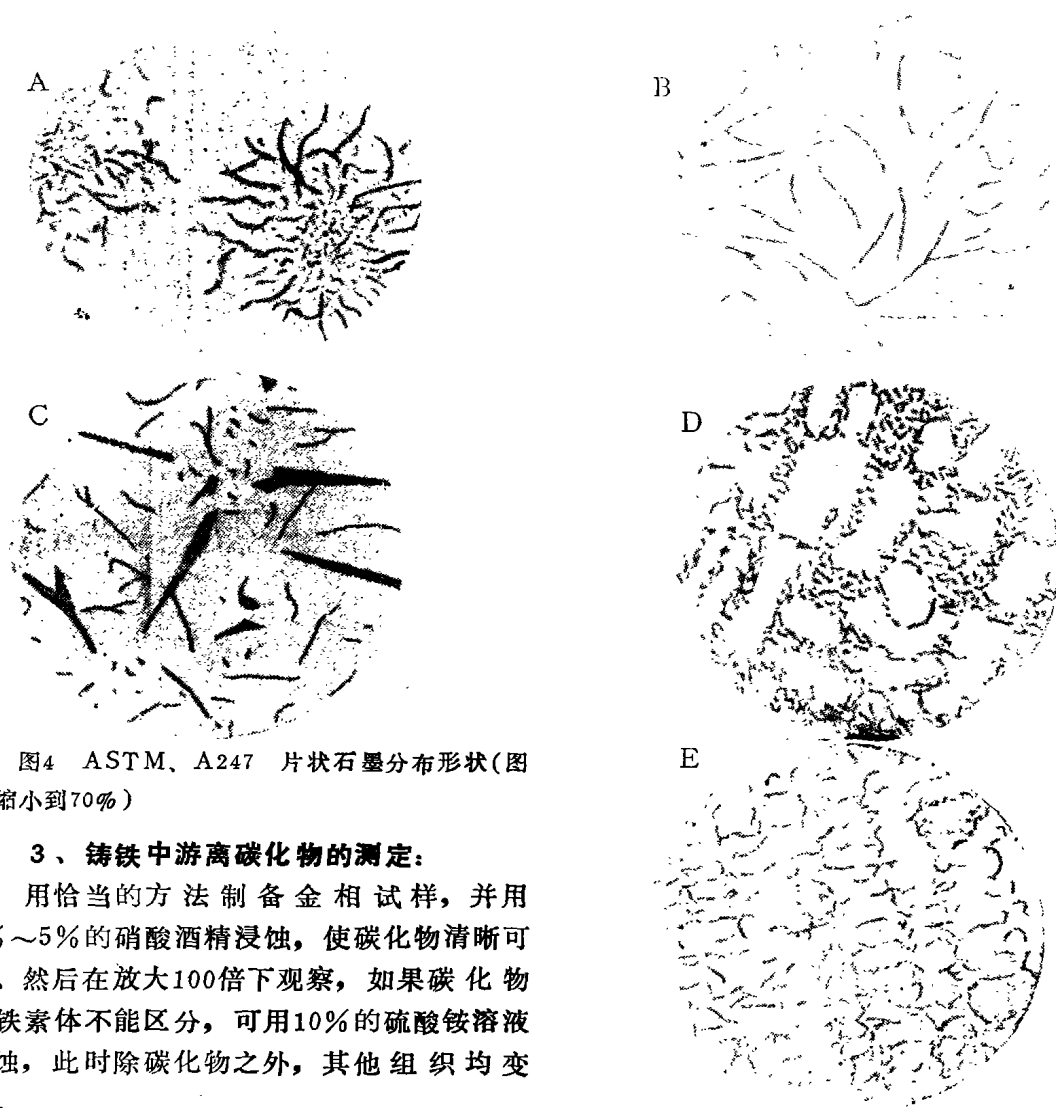


图4 ASTM、A247 片状石墨分布形状(图片缩小到70%)

### 3、铸铁中游离碳化物的测定:

用恰当的方法制备金相试样,并用1%~5%的硝酸酒精浸蚀,使碳化物清晰可见、然后在放大100倍下观察,如果碳化物与铁素体不能区分,可用10%的硫酸铵溶液浸蚀,此时除碳化物之外,其他组织均变黑。

游离碳化物的百分含量也可以采用标准图片对照,如果一旦发生争议或怀疑,也可以采用正方形计算法来确定;在放大100倍下观察试样、用图象1mm的正方形描图纸复盖,数正方形所包含的碳化物数,并计算其总数占正方形的百分比,正方形投影屏可放在显微镜的描图纸处。