热轧辊用合金球墨铸钢的研究

王泽华，张　宇，张　欣，石　颖，周泽华
（河海大学力学与材料学院，江苏南京 211100）

摘要：球墨铸钢具有高碳钢和球墨铸铁组织的特点，是一种兼顾高碳钢和球墨铸铁性能的特殊工程材料。文中介绍了球墨铸钢的化学成分、常用合金元素及其作用、显微组织特点、力学性能、摩擦磨损性能和热疲劳性能，指出了球墨铸钢的组织和性能特点及其应用前景，并介绍了球墨铸钢在热轧辊上的应用。

关键词：球墨铸钢；热轧辊；组织；力学性能；耐磨性能；热疲劳

热轧辊直接与高达1 000～1 100 ℃的红热钢材接触[1]，除承受周期性压力之外，还反复被加热和冷却，经受着急剧的大幅度的温度变化。所以热轧辊除承受较大的机械载荷外，还承受着严重的磨损和巨大的热疲劳作用[2-3]。因此，热轧辊材料不但要有好的强度、抗磨性，还要有好的热疲劳性能[4]。

冶金轧辊工况复杂，轧辊种类繁多，常用的热轧辊材料有冷硬铸铁、高铬铸铁、合金钢、模具钢、高速钢等[5-6]，各种材料都有其优点和不足。冷硬铸铁和高铬铸铁表面硬度高，耐磨性和抗粘着磨损性能好，但脆性大，易发生断裂，且切屑加工性能差；合金钢和高速钢强度和硬度高，耐磨性能好，但抗粘着磨损性能差。20世纪70年代风靡一时的半钢轧辊，综合了铸铁轧辊和合金钢轧辊的优点，具有较高的强度和较好的耐磨性能和抗粘着磨损特性，适于用在工作繁重的钢环轧机、大型型材轧机、中型轧机、万能式型钢轧机、热连轧粗轧机以及热连轧精轧机前段等[6-7]，至今仍大量应用[8]，但半钢轧辊的硬度不及冷硬铸铁和高速钢，一般不用于高精度轧制[6，9]；另外，半钢生产周期长、工艺复杂、成本高[6，10]。球墨铸钢吸收了半钢的优点，规避了半钢的不足，具有良好应用前景。

1　球墨铸钢

1.1　球墨铸钢制造工艺

球墨铸钢的碳含量一般在1.1%~1.8%，其化学成分是钢的范畴，属过共析钢。球墨铸钢是通过对过共析钢液进行处理，使钢液在凝固过程中直接析出一定数量的球状石墨[11]。由于其化学成分属过共析钢，金相组织含有类似球墨铸铁的球状石墨，故称之为球墨铸钢。

球墨铸钢组织为过共析钢和一定数量的球状颗粒石墨，因而球墨铸钢综合了过共析钢和球墨铸铁的一些特性。球墨铸钢也可以通过合金化和热处理来调整其组织和性能，以满足不同的应用工况。

1.2　球墨铸钢化学成分

球墨铸钢和铸钢、铸铁一样，以Fe、C、Si、Mn为基本元素，S、P一般视为有害元素。还可加入Cr、Mo、Ni、Cu、V、Ti、W等不同元素进行合金化，以获得不同的组织和性能。

碳在球墨铸钢凝固过程中少量固溶在基体之中，大部分形成石墨球和碳化物。

作者简介：
王泽华（1960–），男，教授，博士生导师，硕士，主要从事铸造合金、铸造工艺和铸造标准化技术研究。
E-mail: zhwang@hhu. edu. cn

中图分类号：TG142.3
文献标识码：A
文章编号：1001-4977（2019）08-0838-06

基金项目：
中央高校基本科研业务费项目（2018B45914）。
收稿日期：
2019–04–08 收到初稿，
2019–05–05 收到修订稿。

石墨颗粒和碳化物是球墨铸钢显微组织最关键的要素。一般通过控制碳含量来调节石墨和碳化物含量，改变凝固条件和合金加入量也可以改变石墨和碳化物的数量。球墨铸钢的成分范围较宽，通常碳的质量分数w_C控制1.1%～1.8%[12]，具体碳含量视产品的组织性能要求。

硅原子能固溶于基体γ相中，降低铁与碳的亲和力，减小碳化物的形成倾向，促进碳以石墨的形式析出，因此，硅是球墨铸钢的基本元素之一。硅量太少不利于石墨的形成，硅量太多时会增大基体脆性。因为硅具有强化铁素体的功能，对铁素体基体的过度强化，将显著降低材料的韧性。硅量w_{Si}一般控制在1.0%~1.8%[8]。

锰是碳化物促进元素，锰量提高，碳化物增加，硬度提高，材料耐磨性提高。锰在球墨铸钢中是正偏析元素，锰量太高时会形成晶界偏析，降低了材料的韧性。但锰在球墨铸钢中的负面作用没有在球墨铸铁中那样突出。锰的质量分数w_{Mn}一般控制在0.2%~0.6%左右，有时高达1.0%。

硫、磷在球墨铸钢中是有害元素，应尽可能低，一般控制w_P≤0.03%，w_S≤0.020%。

铬可以强化基体，细化组织；铬可以促进碳化物形成，增加碳化物数量，明显提高球墨铸钢的强度和耐磨性；铬阻碍石墨化，是典型的反石墨化元素[13]。铬加入量一定要适当，视产品要求而定，一般w_{Cr}控制在0.3%~1.5%。

钼能明显地降低球墨铸钢组织中石墨颗粒的析出，随着钼量的增加，石墨球的数量减少，渗碳体数量增加。少量的钼能固溶在基体中，强化基体，细化晶粒，提高球墨铸钢的抗拉强度、耐磨性能和热疲劳性能。钼含量w_{Mo}一般控制在0.10%~0.30%。

镍是石墨化促进元素，还有助于石墨球的均匀化，同时使石墨球径有所增大，镍可抵消钼和铬对石墨化的抑制作用[14]，适量的镍能同时提高球墨铸钢的强度、韧性和热疲劳性能。

以Cr-Mo、Cr-Mo-Cu、Cr-Mo-Ni复合体系加入Mo、Cu、Ni，对球墨铸钢进行多元合金化，可进一步提高球墨铸钢的强度、耐磨性能和热疲劳性能。

球墨铸钢加入少量的V、Ti、W等碳化物促进元素，可以提高碳化物含量，可以细化晶粒，强化基体，提高合金的硬度和耐磨性。但V、Ti、W的加入将减少石墨的析出，降低球墨铸钢的减摩功能。

2 球墨铸钢的组织

球墨铸钢的铸态组织由珠光体或索氏体、碳化物、石墨以及石墨颗粒周围少量的铁素体组成，见图1和图2，铁素体存在于石墨球周围，成“牛眼”状。石墨和碳化物是球墨铸钢中最重要的两种组织，其体积分数取决于碳含量、合金元素含量以及凝固冷却条件。普通球墨铸钢中，石墨的体积分数一般小于2%~3%，碳化物的体积分数在1.0%~2.0%左右。

热处理可以改变球墨铸钢的组织和性能。球墨铸钢的正火组织为珠光体、球形石墨和碳化物。球墨铸钢正火后不再有“牛眼”状铁素体组织，这可能是球墨铸钢中硅含量较低的缘故。球墨铸钢的退火组织为铁素体、石墨和碳化物。

球墨铸钢中的碳化物主要以颗粒状或块状形式存在，少量的以板块状形式存在。碳化物的分布形态还受铸件凝固冷却条件和热处理工艺的影响，如控制不当，碳化物将形成网状分布，严重恶化材料的力学性能，特别是塑性和韧性。锻造可以改变碳化物的形态，获得粒状珠光体[15]。

球墨铸钢中的碳化物相当稳定，在共析温度以下加热保温，碳化物体积分数的变化较小[16]。从表1看到，正火球墨铸钢经500～700 ℃加热，保温2～6 h，碳化物体积分数的变化均很小。

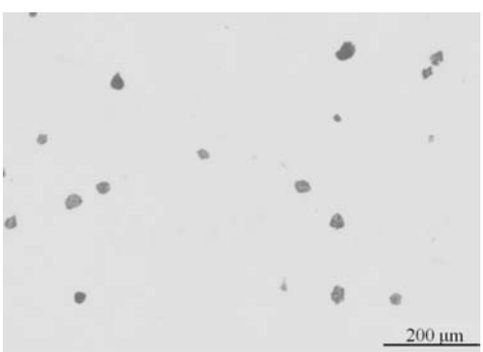

图1 球墨铸钢的石墨形态

Fig. 1 Spheroidal graphite in SG cast steel

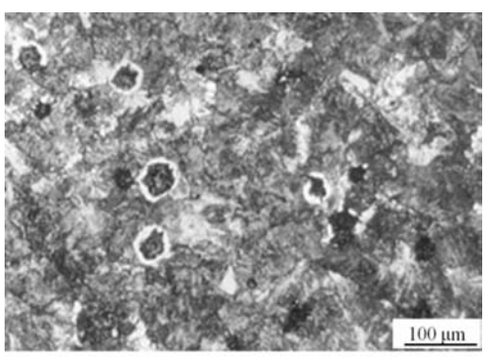

图2 球墨铸钢铸态基体组织

Fig. 2 Microstructure of as-cast SG steel

3 球墨铸钢的性能

3.1 力学性能

球墨铸钢的性能介于铸钢和球墨铸铁之间，其抗拉强度、塑性、韧性略低于铸钢，但高于球墨铸铁。铸态或退火态普通球墨铸钢的抗拉强度为550～750 MPa，断后伸长率为1%～6%，硬度HB200～390。合金化或正火处理可以提高球墨铸钢的力学性能。铬合金球墨铸钢正火后的抗拉强度可达850 MPa，退火后的抗拉强度可达750～850 MPa。在铬合金化的基础上再加入Mo、Cu、Ni合金，其正火后抗拉强度可稳定在900～1 000 MPa，冲击功A_{KU}为15～25 J，硬度为HB300～450。

等温淬火可以进一步提高球墨铸钢的强度和韧性，其力学性能与Si的质量分数和淬火温度密切相关，当Si含量达3.0%时，普通球墨铸钢在347 ℃等温淬火得到最高的冲击韧性[17]，A_{KU}可达25 J；当Si含量≤2.5%时，组织中残余奥氏体量相对较少，故总体冲击值水平较低，并且随等温温度提高残余奥氏体量增加，冲击值在377 ℃取得峰值；Si含量≥3.0%时，整体冲击值水平大大提高，冲击值在347 ℃时出现峰值。

3.2 摩擦磨损性能

表2是某大型企业用球墨铸钢轧辊与淬火65MnMo锻钢轧辊轧制CL60钢产品的使用寿命（耐磨性）比较[11]，球墨铸钢平均轧制零件数量是淬火65MnMo锻钢轧辊的2.42倍。

表1 温度和保温时间对正火球墨铸钢碳化物体积分数的影响

Table 1 Influence of temperature and holding time on carbide content of normalized SG cast steel /Vol.%

加热温度/℃	保温时间/h				
	2	3	4	5	6
500	1.26	1.38	1.16	0.98	1.24
600	1.13	1.24	1.10	1.03	1.12
700	1.13	1.35	1.19	1.07	1.19

球墨铸钢具有良好的耐磨性，应归功于球墨铸钢特殊的显微组织。高硬度碳化物起到坚强的支撑骨架作用，石墨相具有减摩和抗咬合功能。在轧制过程中，球墨铸钢轧辊中的石墨颗粒会被粉碎，并散落到轧辊和被轧产品表面，由于石墨与铁元素之间存在的巨大物性差异，能有效地阻止轧辊和产品的粘着。

图3和图4是根据资料[18]试验数据绘制的球墨铸钢碳化物含量和石墨含量与其耐磨性的关系。单从耐摩角度看，应尽量增加球墨铸钢组织中碳化物硬质相数量和石墨的体积分数，因为碳化物硬质相数量增加，球墨铸钢硬度提高；石墨体积分数增加，石墨的减摩作用和抗咬合功能得到加强，综合表现为球墨铸钢的耐磨性提高。但碳化物过高或石墨含量过高，球墨铸钢的强度和塑性均会下降，在高载荷下可能会断裂失效，因此球墨铸钢的组织设计应根据具体使用要求而定，必须相互兼顾。

表2 球墨铸钢和淬火65MnMo锻钢轧辊轧制零件数量对比

Table 2 Service lifes of spheroidal graphite cast steel and quenched 65MnMo rollers /件

材质	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
球墨铸钢轧辊	7 542	7 205	7 334	6 958	7 845	7 634	6 896	7 006	7 437	7 128	7 299
65MnMo锻钢轧辊	3 021	2 896	2 964	3 128	3 135	2 967	3 156	2 790	2 921	3 185	3 016

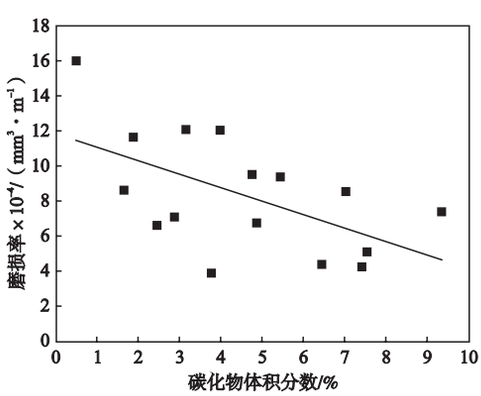

图3 碳化物体积分数对耐磨性的影响

Fig. 3 Relations between carbide content and wear resistance

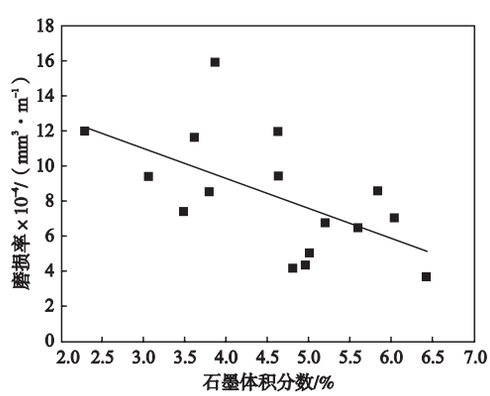

图4 石墨体积分数对耐磨性的影响

Fig. 4 Relations between graphite content and wear resistance

为了提高球墨铸钢的耐磨性，除了提高碳化物和石墨含量外，还应设法提高基体的硬度和强度。Si能强化铁素体基体，Cu会促进珠光体形成，Si和Cu在一定范围内有利于强化基体，提高耐磨性，但过量则会降低材料的韧性，Si和Cu的质量分数应为：$w_{Si}<1.5\%$，$w_{Cu}<1.5\%$；Cr既能增加碳化物硬质相数量，也能提高碳化物硬度，又能有效地强化基体而提高耐磨性。但Cr过高时，会使材料脆性增加，影响球墨铸钢综合性能。因此，一般控制$w_{Cr}<1.0\%$。加入V、Ti、W等碳化物促进元素，可以进一步提高合金的耐磨性。

3.3 热疲劳性能

热轧辊在工作过程中，由于急剧的温度变化，轧辊会产生不均匀的膨胀和收缩，甚至产生相变应力，不可避免地产生热疲劳损伤[19]。球墨铸钢的抗热裂及热疲劳能力高于传统铸钢。文献[20]采用台阶圆环形试样加热激冷的方法比较了球墨铸钢和40CrMo、70Mn钢的热疲劳性能，不同材料首次出现微裂纹的冷热循环次数见表3[20]，由此可见球墨铸钢的热疲劳性能明显优于40CrMo、70Mn钢。球墨铸钢与40Cr的热疲劳试验结果表明，球墨铸钢易产生热疲劳裂纹，但裂纹扩展速度较慢，工作温度越高，这一现象越明显。工作温度高达800 ℃，球墨铸钢的热疲劳性能的优越性已显现；当工作温度为700 ℃时，球墨铸钢的热疲劳性能不及40Cr合金钢[21]。

与合金锻钢相比，球墨铸钢较易产生疲劳裂纹，这是因为锻钢组织缺陷少，裂纹萌生困难，裂纹萌生周期长。球墨铸钢存在石墨颗粒，石墨颗粒与基体存在大量界面，石墨颗粒相当于材料内部存在大量缺陷，是一种潜在的裂纹源。锻钢内部一旦形成裂纹，扩展速率较快，虽然裂纹形成晚于球墨铸钢，但却早于球墨铸钢失效，且前者易发生突发性断裂。

球墨铸钢中的石墨颗粒是潜在的疲劳裂纹源，但它又能起到延缓或阻止裂纹的发展的作用。石墨与基体的晶体结构存在巨大差异，当裂纹扩展到石墨/基体界面时，裂纹前沿的应力将被分散，减缓了应力集中，使裂纹出现钝化现象，从而延缓或阻止了裂纹的进一步发展；石墨具有良好的导热性能，使球墨铸钢的导热性能优于合金钢，这样球墨铸钢中的温差（Δt）小；球墨颗粒的存在能降低球墨铸钢的弹性模量（E）和线膨胀系数（α）。由热应力计算公式（$\Delta\sigma=-E\alpha\Delta t$）可知，在同等受热情况下，球墨铸钢中形成的热应力变化$\Delta\sigma$必然小于合金钢。球墨铸钢内部的热应力就小，疲劳裂纹的扩展速度就慢，轧辊表面热疲劳裂纹肤浅。

必须要重视球墨铸钢中碳化物的热稳定性，严格控制碳化物数量。不稳定的碳化物将会逐步分解为石墨，这种分解产生的石墨使球墨铸钢发生体积膨胀；碳化物的热导率仅为基体的1/10左右，碳化物将降低球墨铸钢的热导性，使内部温差增大。无论碳化物相变产生体积膨胀，还是碳化物导致的热导率降低，均会导致局部内应力的增大，都对热疲劳性能产生不利的影响。工作温度越高，碳化物的分解速度越快，对疲劳性能的影响也就越大。

C、Si、Cu等3种促进石墨化的元素，从总的趋势上均有利于球墨铸钢热疲劳性能的提高，且工作温度越低这种作用越强，其中C、Si的作用大于Cu；Cr能强力地促进碳化物形成，同时也能提高碳化物的热稳定性，适量的Cr有利于提高球墨铸钢的耐磨性能和热疲劳性能，但Cr含量过多时将降低球墨铸钢的热疲劳性能[12]，Mo能细化晶粒，提高碳化物和珠光体的热稳定性，有利于提高球墨铸钢的耐磨性能和热疲劳性能。

4 球墨铸钢的应用

球墨铸钢的组织结构和性能特点，使之可以弥补冷硬球墨铸铁和合金锻钢轧辊的一些不足，并得到了实际应用，取得了良好的效果。文献[22]介绍了1.40%C、1.50%Si、0.70%Mn、0.80%Cr、0.30%Mo的合金球墨铸钢轧辊，正火后强度达989 MPa，断后伸长率2.0%。表4为球墨铸钢轧辊与ZU70Mn钢轧辊辊耗对比[23]，轧制碳钢时，球墨铸钢轧辊的使用寿命是ZU70Mn钢轧辊的5.45倍；轧制硅钢时，球墨铸钢轧辊的使用寿命是ZU70Mn钢轧辊的2.39倍。

国内某大型轧钢厂用车轮轧辊，受力大，工作条件苛刻，其材料的选用问题长期以来一直没有很好解

表3 四种材料的热疲劳试验结果
Table 3 Thermal fatigue test results of four steels

参数	热循环次数			
	球墨铸钢1	球墨铸钢2	40CrMo	70Mn
800 ℃～室温水激冷	24	26	11	9
900 ℃～室温水激冷	8	14	6	5

注：球墨铸钢1为点状+球状石墨；球墨铸钢2石墨较多，碳化物体积分数＜3%。

表4 球墨铸钢轧辊与ZU70Mn钢轧辊辊耗对比表
Table 4 Consumption of SG cast steel roller and ZU70Mn steel roller

轧辊材料	轧制材料	轧制量/万吨	辊耗/（kg/吨坯）
ZU70Mn	碳钢	1.2	0.643 2
球墨铸钢		9	0.114 8
ZU70Mn	硅钢	7.4	0.050 6
球墨铸钢		15	0.021 3

决，先后使用过冷硬球墨铸铁和多种锻钢。冷硬球墨铸铁轧辊强度偏低，经常断辊；锻钢轧辊存在：①轧辊的耐磨性差、使用寿命短，换辊频繁；②轧辊和工件易发生粘着磨损，被轧制工件表面粗糙，质量差。使用合金球墨铸钢轧辊替代 65MnMo锻钢轧辊彻底解决了以上问题[11]。

表5是球墨铸钢和45钢导卫板使用情况对比，可见球墨铸钢导卫板是淬火回火45钢的14～20倍[24]。

球墨铸钢轧辊的另一优点是组织均匀，内外硬度差异小[7，23]；球墨铸钢裂纹扩展速度慢，或裂纹深度浅，一旦工作面磨损影响被轧制件表面质量，球墨铸钢轧辊很容易修复，且修复后可以保持良好的耐磨性能，能有效地延长使用寿命。

表5　球墨铸钢和45钢导卫板使用情况比较
Table 5 Usage performance of guide shoes made of SG cast steel and 45 steel

材质	轧钢（Φ12）量 /t	龟裂	中途断裂	粘钢
45钢	250～350	严重	有时发生	有时发生
球墨铸钢	≥5 000	无	无	无

5　结束语

轧辊材料不仅影响轧辊的使用寿命，而且还直接关系到轧制产品质量，轧辊材料一直是关注热点，但大量的研究工作主要集中在“高端的”高速钢轧辊[25-28]，对球墨铸钢的关注较少。球墨铸钢的组织结构特点决定了其特殊的应用。强韧的基体、耐磨碳化物和具有良好减摩性和抗咬合性能的石墨组织是轧辊材料所期望的组织和性能；在500～700 ℃高温，球墨铸钢碳化物具有很高的热稳定性，满足热轧辊工作环境对其材料高温组织的要求[5，16]。可以认为球墨铸钢是一种具有良好前景的热轧辊材料。

参考文献：

[1] 姚宁娟，陆伟，陈铠，等. 激光熔覆技术制造热轧辊的钴基合金层研究 [J]. 中国激光，2003，30（8）：759–762.
[2] 熊运昌，梁秀山，杨凌平. 热轧辊的选材及热处理 [J]. 机械研究与应用，2002，15（3）：6–7.
[3] BELZUNCE F J，ZIADI A，RODRIGUEZ C. Structural integrity of hot strip mill rolling rolls [J]. Engineering Failure Analysis，2004，11：789–797.
[4] DAVID B，GORAN K，BOSTJAN M，et al. Hot work roller surface layer degradation progress during thermal fatigue in the temperature range 500-700℃ [J]. International Journal of Fatigue，2017，104：355–365.
[5] BOMBAC D，GINTALAS M，KUGLER G，et al. Thermal fatigue behaviour of Fe-1.7C-11.3Cr-1.9Ni-1.2Mo roller steel in temperature range 500-700℃ [J]. International Journal of Fatigue，2019，121：98–111.
[6] 完卫国. 热轧轧辊降耗初探 [J]. 钢铁研究，1999（4）：46–51.
[7] 孙建荣. 热连轧中型型钢轧辊国产化的探索 [J]. 轧钢，1993（6）：33–36.
[8] 肖连华，姚永奎. 合金半钢轧辊质量控制技术研究及应用 [J]. 铸造设备与工艺，2017（4）：39–41，48.
[9] 邓易安. 半钢轧辊的研究与应用 [J]. 鞍钢技术，1984（5）：41–46.
[10] 董玉清，刘宏，寇德义. 离心铸造半钢复合轧辊 [J]. 铸造，1999，48（8）： 29–31.
[11] 王泽华，张俊新，徐贵宝. 球墨铸钢轧辊的研制 [J]. 铸造，2004，53（1）：77–80.
[12] 祖方遒，吴有进. 成分及第二相组织对球墨铸钢热疲劳性能的影响 [J]. 钢铁研究学报，1998，10（1）：61–63.
[13] 张勤勇，胡志华，栾道成. 热处理对球墨铸钢组织性能的影响 [J]. 机械，2000，27（增刊）：189–190，188.
[14] 祖方遒，戴维鉴，熊振茵，等. 钼镍铜等合金元素对球墨铸钢的组织和性能的影响 [J]. 铸造，1996 （6）：36–39.

[15] 张勤勇，刘翠华，胡志华，等. 正火锻造后球墨铸钢的组织特征及机理探讨 [J]. 四川工业学院学报，2003，22（2）：5–7，14
[16] 陈雪菊，王泽华，林萍华. CrMo合金球墨铸钢的热稳定性研究 [J]. 江苏冶金，2006，34（6）：7–10.
[17] 黄进. 硅含量及等温淬火条件对贝氏体球墨铸钢冲击韧性的影响 [J]. 江西科学，1997（3）：139–142.
[18] 祖方迺，吴有进. 成分及第二相组织对球墨铸钢耐磨性的影响 [J].合肥工业大学学报（自然科学版），1998，21（5）：104–109.
[19] ZHANG Jianglong，ZHAO Zihua，KONG Yuanhang，et al. Crack initiation and propagation mechanisms during thermal fatigue in directionall solidified superalloy DZ125 [J]. International Journal of Fatigue，2019，121：355–366.
[20] 祖方迺，熊振茵，戴维鉴，等. 新型工程材料——球状石墨铸钢 [J].中外技术情报，1996（7）：16–18.
[21] 胡志华，栾道成. 超高碳球墨耐磨铸钢热疲劳性能研究 [J]. 铸造技术，2006，27（2）：153–155.
[22] 郭建设. 球墨铸钢材料性能研究与优化 [J]. 轧钢，2018，35（5）：43–47，60.
[23] 李梅溪，汪承明，卢设辉. 球墨铸钢轧辊 [J]. 机械工程材料，1985，9（12）：30–35.
[24] 祖方迺，熊振茵，戴维鉴，等. 高耐磨性球墨铸钢导卫板 [J]. 新技术新工艺，1996（4）：30–31.
[25] KEUN C H，SUNGHAK L，HUI C L. Effects of alloying elements on microstructure and fracture properties of cast high speed steel rolls Part I：Microstructural analysis [J]. Materials Science and Engineering A，1998，254：282–295.
[26] KEUN C H，SUNGHAK L，HUI C L. Effects of alloying elements on microstructure and fracture properties of cast high speed steel rolls Part II：fracture behavior [J]. Materials Science and Engineering A，1998，254：296–304.
[27] CHANG K K，JONG I P，SUNGHAK L，et al. Effects of alloying elements on microstructure，hardness，and fracture toughness of centrifugally cast high-speed steel rolls [J]. Metall Mater Trans A，2005，36A：87–97.
[28] 戚正风，万安元，甘宅平，等. 高速钢轧辊及其热处理 [J]. 金属热处理，2008，33（8）：6–9.

Research on Spheroidal Graphite Cast Steel for Hot Work Rollers

WANG Ze–hua, ZHANG Yu, ZHANG Xin, SHI Ying, ZHOU Ze–hua
（College of Mechanics and Materials, Hohai University, Nanjing 211100, Jiangsu, China）

Abstract:
Spheroidal graphite cast steel, a kind of special engineering materials, has characteristics of high carbon cast steel and spheroidal graphite cast iron in the microstructure and properties. The chemical composition, including commonly used alloy elements and their role in the steel, microstructure, mechanical properties, wear resistance and thermal fatigue property of the spheroidal graphite cast steel were summarized. Due to its special microstructure and properties, the spheroidal graphite cast steel is expected to be a kind of proper materials for hot work rollers. And some relative applications are also introduced.

Key words:
spheroidal graphite cast steel; hot work roller; microstructure; mechanical property; wear resistance; thermal fatigue

（编辑：张允华，zyh@foundryworld.com）