

· 组织和性能 ·

高温扩散-超细化 H13 模具钢的组织 and 性能

李凤艳^{1,2} 马党参² 陈再枝² 刘建华² 雍岐龙^{1,2} 康卓^{1,2}

(1 昆明理工大学材料与冶金工程学院, 昆明 650093; 2 钢铁研究总院结构材料研究所, 北京 100081)

摘要 测试和分析结果表明:非高温扩散-超细化的 H13(4Cr5MoSiV1) 钢材存在大块状的共晶碳化物,带状偏析严重,钢的横向冲击韧性较差;而经过合理的高温扩散和超细化处理的 H13 钢材,共晶碳化物基本消失,带状偏析和组织均匀性明显改善,显著提高钢的横向冲击韧性。

关键词 热作模具钢 超细化组织 碳化物 性能

Structure and Properties of High Temperature Diffused-Superfining Treated Die Steel H13

Li Fengyan^{1,2}, Ma Dangshen², Chen Zaizhi², Liu Jianhua², Youg Qilong^{1,2} and Kang Zhuo^{1,2}

(1 Institute of Materials and Metallurgy Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093; 2 Institute for Structural Materials, Central Iron and Steel Research Institute, Beijing 100081)

Abstract Results of examination and analysis indicated that in normal non high temperature diffused-superfining treated H13 (4Cr5MoSiV1) steel products there were massive eutectic carbides with serious banding segregation and transverse impact toughness of steel was lower; and in available high temperature diffused and superfining treated H13 steel products, the eutectic carbides were basically dismissed, the banding segregation and structure homogeneity improved obviously and the transverse impact toughness of steel increased appreciably.

Material Index Hot Working Die Steel, Superfining Structure, Carbide, Properties

H13(4Cr5MoSiV1) 模具钢以其高的淬透性、淬硬性、强韧性和热疲劳抗力在国内外得到广泛的应用,用于制作热挤压模、铝合金压铸模、热锻模、塑料模等,是当前世界范围内使用最广泛的热作模具钢之一^[1]。本试验用高温扩散和超细化处理,通过细化组织、消除或减轻共晶碳化物、改善带状偏析等来提高 H13 钢材心部等向性能。

1 试验材料

试验材料为非真空感应炉(2 t)冶炼+电渣重熔(ESR)生产的 H13 钢锭,钢锭头部直径 135 mm,尾部直径 150 mm,总长度 450 mm。化学成分如表 1 所示。选取 2 支钢锭进行试验,其中 A 钢锭经 1 160 °C 加热锻造成 Φ70 mm 后,880 ~ 760 °C 等温退火;B 钢锭经高温扩散处理,然后经 1 160 °C 加热锻造成 Φ70 mm 试样,超细化处理后 880 ~ 760 °C 等温退

火。由于 A、B 钢锭的化学成分基本相同,故对以后的试验及试验结果的影响可以不予考虑。

2 试验结果分析

2.1 共晶碳化物的溶解

H13 钢在铸造过程中碳及合金元素严重偏析,钢锭凝固后期出现共晶碳化物(图 1),共晶碳化物一旦形成大块状,并排列成链或堆集成带和网状,会促使模具早期失效。因此消除共晶碳化物对提高 H13 钢的质量十分重要,可以通过高温长时间扩散处理加以改善或消除。

由扫描电镜分析可知,非高温扩散-超细化的 H13 钢材退火态中主要存在大块状和长条状分布的富钒共晶碳化物(图 2a),可能是 M(V)C 型,VC 的溶解温度是 1 100 ~ 1 150 °C,在晶界聚集析出,钼和铬的碳化物基本溶解。本试验淬火温度在 1 000 ~ 1 050 °C,对于非高温扩散-超细化的 H13 钢,淬、回火后小颗粒的 VC 部分溶解,而大颗

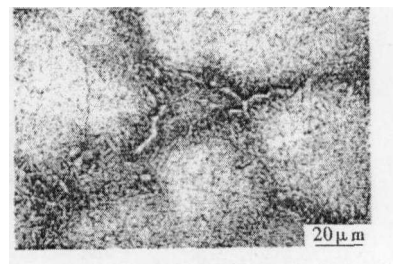


图 1 H13 模具钢铸态组织
Fig. 1 As-cast structure of die steel H13

表 1 试验 H13 模具钢的化学成分/%

Table 1 Chemical compositions of test die steel H13 /%

编号	Si	Mn	V	Mo	Cr	C	S	P
A- 非高温 扩散-超细化	1.12	0.29	1.02	1.30	5.15	0.40	0.009	0.021
B- 高温扩散- 超细化处理	1.12	0.30	1.00	1.32	5.12	0.40	0.010	0.021

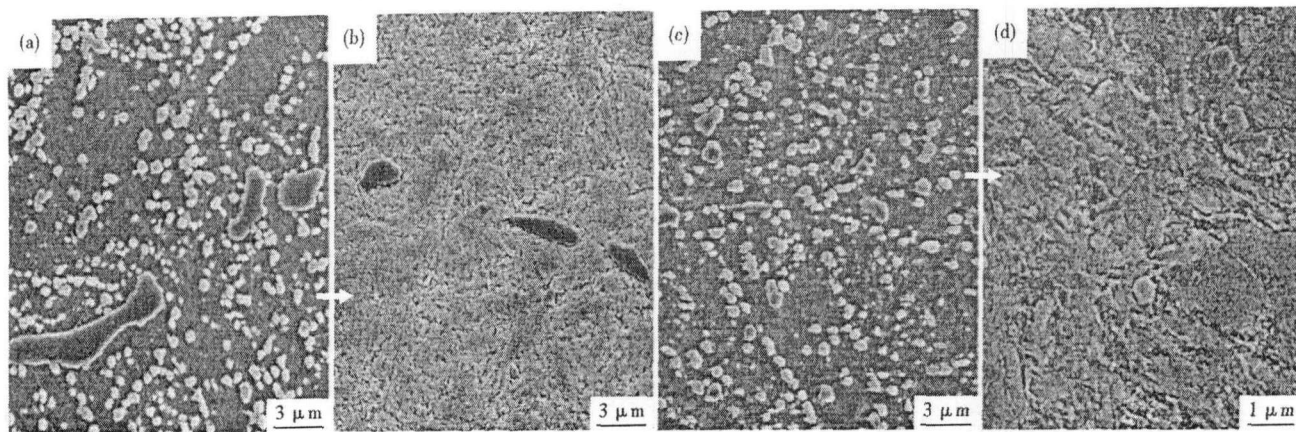


图 2 H13 模具钢材碳化物形貌,SEM:(a)- 非高温扩散-超细化,退火;(b)- 非高温扩散-超细化,淬、回火;(c)- 高温扩散超细化处理,退火;(d)- 高温扩散-超细化处理,淬、回火

Fig. 2 Morphology of carbides in die steel H13, SEM: (a)- non high temperature diffused-superfining treated, annealed, (b)- non high temperature diffused-superfining treated, quenched and tempered; (c)- high temperature diffused-superfining treated, annealed, (d)- high temperature diffused-superfining treated, quenched and tempered

粒未溶解的碳化物镶嵌在基体之中(图 2b)。这些未溶解碳化物硬而脆,破坏了材料基体的连续性,降低了 H13 钢的塑性和韧性。而经高温扩散处理和超细化处理的 H13 钢材,钼和铬的碳化物完全溶解,均匀细小分布在基体中。退火态中小颗粒 M(V)C 完全溶解,大块状 M(V)C 共晶碳化物部分溶解(图 2c),在后工序处理中细小弥散析出(图 2d),提高了 H13 钢材的塑性和韧性。

2.2 钢材退火组织分析

钢锭冷却时,首先沿液相线结晶的高纯度的初晶周边形成树枝状结晶,在凝固界面上,元素成分浓缩的钢液在树枝间隙形成树枝状偏析(图 3a)。

由图 3(b)可以看出,铸态 H13 钢直接进行锻造后树枝状偏析延伸形成带状偏析,带状偏析是影响 H13 钢材横向冲击韧性值的主要因素,带状偏析越严重,横向冲击韧性值越低,横纵向冲击功之比越小,等向性越差。白色区域基体由于碳及合金元素含量较高,难于侵蚀,故成白色;黑色区域,碳化物稀少,碳及合金元素含量较低,组织较粗,易被侵蚀,这

样就形成了黑白相间的偏析带,造成了力学性能尤其是塑性和韧性的降低。而经过高温扩散处理和超细化处理的 H13 钢材(图 3c),带状偏析虽然没有完全消除,但明显得以改善。

由图 4(a)(b)可看出,退火态组织为由碳化物球化而获得的粒状珠光体,碳化物呈粒状分布在铁素体中。与片状珠光体比较,粒状珠光体的硬度较低,硬度均 < 235HB,其周围的应力场为球形对称,对基体的损害较小,因而含粒状珠光体的组织比含片状珠光体的组织具有较优越的拉伸性能特别是均匀塑性^[2]。非高温扩散-超细化的 H13 钢材珠光体颗粒粗大,不够均匀,力学性能偏低;而经过高温扩散处理和超细化处理的 H13 钢材粒状珠光体均匀细小的分布在铁素体基体中,力学性能明显提高。

2.3 钢材淬、回火组织分析

由图 4(c)(d)淬、回火态横向金相组织可以看出,非高温扩散-超细化的 H13 钢材淬、回火态组织分布不均匀,存在共晶碳化物和成分偏析;而经过高温扩散和超细化处理的 H13 钢材淬、回火组织均匀

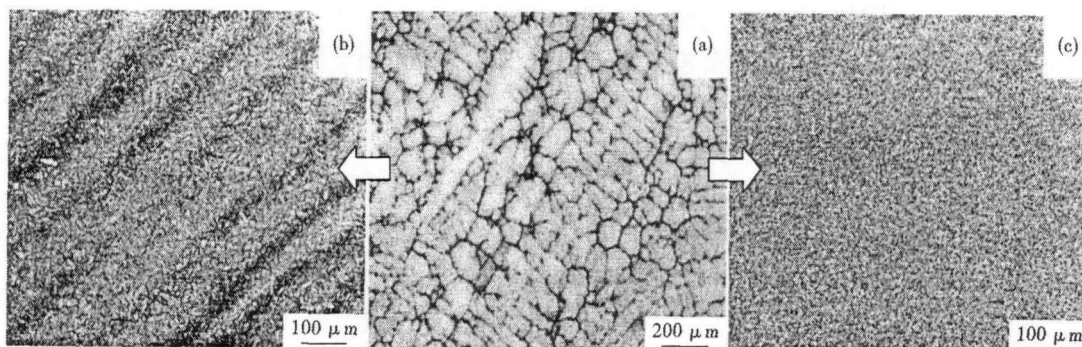


图 3 不同状态 H13 模具钢的偏析:(a)- 铸态;(b)- 锻造,退火;(c)- 高温扩散-超细化处理,退火

Fig. 3 Segregation of die steel H13 in different state: (a)- as-cast; (b)- forged, annealed; (c)- high temperature diffused-superfining treated, annealed

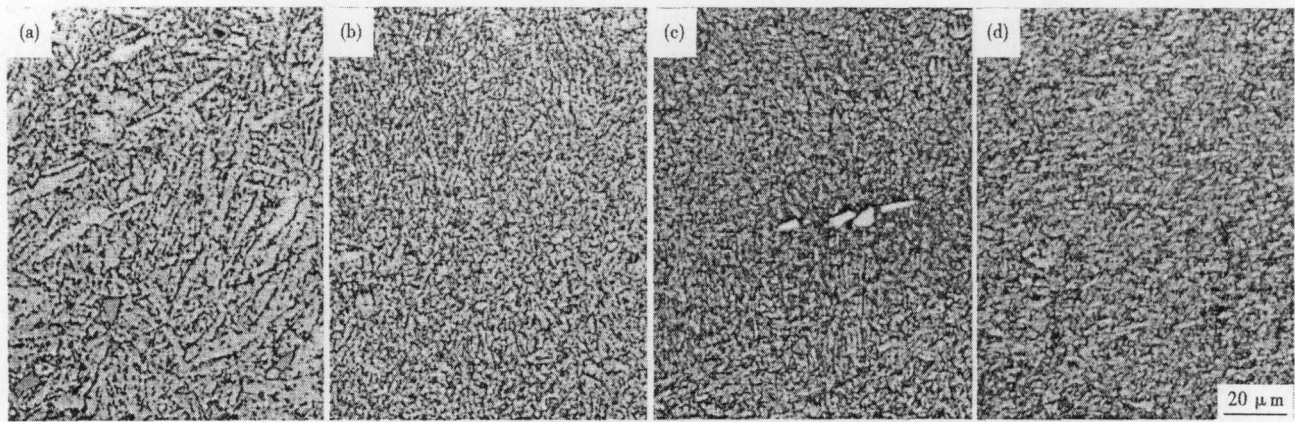


图4 H13 模具钢的组织形貌:(a)- 非高温扩散-超细化,退火;(b)- 高温扩散-超细化处理,退火;(c)- 非高温扩散-超细化,淬回火;(d)- 高温扩散-超细化处理,淬回火

Fig. 4 Morphology of structure of die steel H13: (a)- non high temperature diffused-superfining treated, annealed, (b)- high temperature diffused-superfining treated, annealed; (c)- non high temperature diffused-superfining treated, quenched and tempered, (d)- high temperature diffused-superfining treated, quenched and tempered

细小,共晶碳化物基本溶解,成分偏析明显改善。

2.4 试样冲击、拉伸试验分析

表2、表3分别为H13钢退火及淬、回火态冲击和拉伸性能。从表2的数据可以看出,退火态非高温扩散-超细化的H13钢横向冲击功较经高温扩散和超细化处理的H13钢稍低,但非高温扩散-超细化的H13钢纵向冲击功高于经高温扩散和超细化处理的H13钢,可能由于带状偏析引起。淬、回火态经高温扩散和超细化处理的H13钢的横向冲击功明显高于非高温扩散-超细化的H13钢,经高温扩散和超细化处理的H13钢纵向冲击功稍高于非高温扩散-超细化的H13钢。非高温扩散-超细化的H13钢退火态心部冲击韧性横纵比仅为47.69%,而经过高温扩散和超细化处理的H13钢退火态心部冲击韧性横纵比为65.85%,较非高温扩散-超细化的H13钢提高38.08%;非高温扩散-超细化的H13钢淬、回火态心部冲击韧性横纵比仅为26.90%,而经过高温扩散和超细化处理的H13钢淬、回火态心部冲击韧性横纵比为55.00%,较非高温扩散-超细化的H13钢提高104.46%;可见高温扩散和超细化处理后组织均匀性的改善和夹杂物形态的变化对提

表2 非高温扩散-超细化(A)和高温扩散-超细化处理(B) H13 模具钢的冲击性能

Table 2 Toughness of non high temperature diffused-superfining treated (A) and high temperature diffused-superfining treated (B) die steel H13, annealed and quenched-tempered

编号	心部退火态 冲击韧性/J		心部淬、回火态 冲击韧性/J		冲击韧性横纵比/%	
	纵向	横向	纵向	横向	退火态	淬、回火态
A	130.00	62.00	39.67	10.67	47.69	26.90
B	98.33	64.75	46.67	25.67	65.85	55.00

表3 非高温扩散-超细化(A)和高温扩散-超细化处理(B)的退火、淬-回火 H13 模具钢的拉伸性能

Table 3 Tensile properties of non high temperature diffused-superfining treated (A) and high temperature diffused-superfining treated (B) die steel H13, annealed and quenched-tempered

状态	编号	方向	抗拉强度	规定非比例	断后	断面
			R_m /MPa	延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	伸长率 A/%	收缩率 Z/%
退火态	A	纵向	668	372	23.9	51.3
		横向	663	358	28.9	58.5
	B	纵向	685	383	24.1	55.6
		横向	669	356	28.6	67.0
淬、回火态	A	纵向	1 570	1 358	7.4	26.1
		横向	1 590	1 372	11.1	48.2
	B	纵向	1 496	1 310	6.0	24.9
		横向	1 562	1 344	11.6	50.8

高 H13 钢材的等向性,特别是横向冲击韧性起到了关键性的作用。H13 钢退火态及淬、回火态的拉伸性能可以看出,经高温扩散和超细化处理的 H13 钢的断后伸长率最高可达 28.6%,断面收缩率高达 67.0%,塑性指标提高,但是提高很少,其原因尚待深入分析研究。

3 结论

经过高温扩散处理的 H13 钢材中的小颗粒共晶碳化物基本消失,大颗粒共晶碳化物部分溶解; H13 钢材中的成分偏析明显改善,并且钢材中的碳化物细小、均匀;钢材的横向冲击韧性明显提高。

参考文献

- 冯晓曾,李士玮. 模具用钢和热处理. 北京:机械工业出版社,1984
- 崔忠圻. 金属学与热处理. 北京:机械工业出版社,2000

李凤艳(1980-),女,硕士,主要从事模具钢方面的研究。

收稿日期:2007-11-01