

新型超高强度钢 G50 热变形与组织性能的关系

贾新朝 陈兆生 卢焰

(航天材料及工艺研究所 北京 100076)

摘 要 研究了新型无钴超高强度钢 G50 经不同锻造比墩粗锻造后材料的组织及性能的变化情况,并检验该新材料承受锻造及热变形的能力。结果表明,该新材料具有非常好的可锻性及热成形性,且不同锻造比锻造并按标准制度热处理后的性能相差不大。

关键词 顶锻,热锻,超高强度钢,微观组织,力学性能,热处理

Effect of Hot-Forging on Microstructures and Mechanical Properties of Newly Developed Super-High-Strength Steel-G50

Jia Xinchao Chen Zhaozheng Lu Yan

(Aerospace Research Institute of Materials and Processing Technology Beijing 100076)

Abstract This paper deals with the effect of hot-forging on microstructures and mechanical properties of newly developed super-high-strength steel-G50 by a series of upsetting-forging processes and heat treatment. The forgeability of this newly developed super-high-strength steel was also tested. Experimental results show that G50 super-high-strength steel has excellent hot-forgeability. As long as a standard heat treatment was used, similar microstructures and mechanical properties were obtained, no matter what pre-processes were employed.

Key words Upsetting-forging, Hot-forging, Super-high-strength steel, Microstructure, Mechanical property, Heat treatment

1 前言

超高强度高韧钢通常含有较贵重元素 Co^[1,2],如 AF1410^[3]、AerMet100、9Ni-5Co 等。我国新研制的 G50 钢是一种不含 Co 的超高强度钢,它具有强度高、韧性好及成本低等特点,各种性能均优于含 Co 的 9Ni-5Co 超高强度钢或与之相当,而成本却相对降低 50% 左右。本文研究该新型超高强度钢承受热锻造变形的能力及经不同锻造比锻造变形及热处理后材料组织及性能的变化情况,从而为该新材料的锻造及热挤压成形等工艺提供参考依据。

2 试验材料及方法

2.1 材料

材料为 G50 钢 80 mm 热轧棒材,其化学成分见表 1。

表 1 G50 钢化学成分

Tab.1 Chemical composition of the G50 steel % (质量分数)

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo	Nb	Fe
0.29	1.80	0.73	0.003	0.002	4.30	0.99	0.61	0.027	余量

2.2 试验方法及步骤

(1) 将 G50 80 mm 钢棒切成 80 mm × 160 mm 短棒共 8 件。

(2) 将以上钢棒在高温油炉中加热,加热温度为 1 150 ~ 1 200,保温 20 min ~ 30 min,出炉立即在锻压机上分别进行不同变形量的墩粗顶锻,锻后高

收稿日期:2001-08-26

贾新朝,1963 年出生,高级工程师,主要从事黑色金属材料及工艺研究工作

宇航材料工艺 2001 年 第 6 期

— 55 —

度为 136 mm~17 mm 不等。

(3) 在不同变形量的锻后件上分别取拉伸、冲击及金相试样。锻后高 70 mm 以上的试件,轴向取样,锻后高 70 mm 以下的试件,径向取样。

(4) 试样进行 680 °C ×2 h 退火及 850 °C ×1 h o. c. + 300 °C ×2 h a. c. 热处理。

(5) 分别在拉伸、冲击及硬度性能试验机上测出 σ_b 、 σ_s 、 $\sigma_{0.2}$ 、 σ_k 及 HRC 等数据。

(6) 观察金相组织。

3 结果及讨论

3.1 锻造后的形貌

G50 钢经不同变形量锻造后表面状态良好,均未发现宏观裂纹,即具有良好的可锻性。

3.2 锻后高度及变形量

G50 钢锻后高度及变形量见表 2。从表 2 可看出,G50 钢的热顶锻性能非常好,材料从原 160 mm

高锻成 17 mm 厚的薄饼,变形量达到 89.4% 仍无任何裂纹产生,说明 G50 钢锻造性能很好,有良好的热成形加工性能。

表 2 G50 钢热顶锻试验结果

Tab. 2 Hot upsetting forging results of G50 steel

编号	锻前高 H_0 / mm	锻后高 H_1 / mm	$\frac{H_1}{H_0}$	变形量 $\frac{H_0 - H_1}{H_0} / \%$	表面 状态
1#	160	160	1	0	无裂纹
2#	160	136	0.85	15.0	无裂纹
3#	160	116	0.725	27.5	无裂纹
4#	160	110	0.685	31.3	无裂纹
5#	160	80	0.50	50.0	无裂纹
6#	160	42	0.263	73.8	无裂纹
7#	160	21	0.131	86.9	无裂纹
8#	160	17	0.106	89.4	无裂纹

3.3 不同锻造比锻造后的力学性能

G50 钢不同锻造比锻造后的力学性能见表 3。

表 3 G50 钢不同变形量锻造后的力学性能

Tab. 3 Mechanical properties of G50 steel after a series of hot forging

编号	锻前高 / mm	锻后高 / mm	变形量 / %	σ_b / MPa	σ_s / MPa	$\sigma_{0.2}$ / %	σ_k / %	a_k / J cm^{-2}	退火后 HRC	HRC
0#	160	160	0	1 900	1 200	10.8	23.7	53.4	-	-
1#	160	160	0	1 830	1 515	11.75	52.45	83	34.5	52.75
2#	160	136	15.0	1 820	1 470	12.75	53.25	89.1	36.5	52.25
4#	160	110	31.3	1 820	1 510	12.05	54.3	87.2	35	53
6#	160	42	73.8	1 820	1 490	12.2	54.3	82.3	36	51.25
8#	160	17	89.4	1 830	1 500	12.05	52.05	75.45	36	52.5

*0 号件经 1 150 ~ 1 200 °C 加热 20 min ~ 30 min 空冷后未做任何处理,其它试样均经 680 °C ×2 h a. c. 退火及 850 °C ×1 h o. c. + 300 °C ×2 h a. c. 强化热处理。

由表 3 可见,0# 件断裂强度 σ_b 很高,而屈服强度、延伸率及冲击韧性等均较低,这与其经超高温处理后的组织粗大有关(见图 1),其组织为粗大马氏体。不同变形量锻造变形,再经 680 °C ×2 h a. c. 退火处理后,硬度 HRC 均为 34.5 ~ 36.5,这时有利于各种机械加工。G50 钢经不同变形量的锻造变形,并经退火及 850 °C ×1 h o. c. + 300 °C ×2 h a. c. 热处理后,其力学性能并无明显的变化,并具有很高的强度和好的韧性,且与热变形量的大小关系不大,这对多道次多火热锻及热挤压成形等工艺有利。因多道次热锻及热挤压成形件各部位变形量不可能一致,而某些部位有可能经受空烧,下道次而无变形。

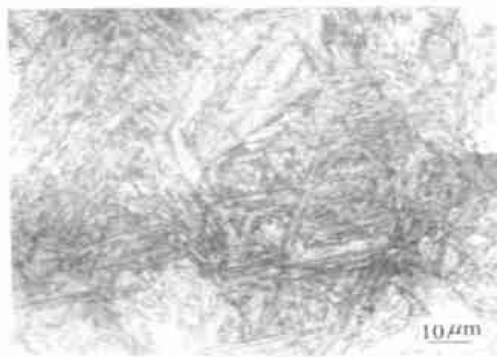


图 1 G50 钢 1 150 ~ 1 200 °C 空烧后的组织

Fig. 1 Microstructure of G50 steel after 1 150 ~ 1 200 °C a. c.

3.4 不同锻造比锻造后的组织

经不同变形量热锻变形并经 $680 \times 2 \text{ h a. c.}$ 退火及 $850 \times 1 \text{ h o. c.} + 300 \times 2 \text{ h a. c.}$ 热处理后的组织见图 2~图 5。

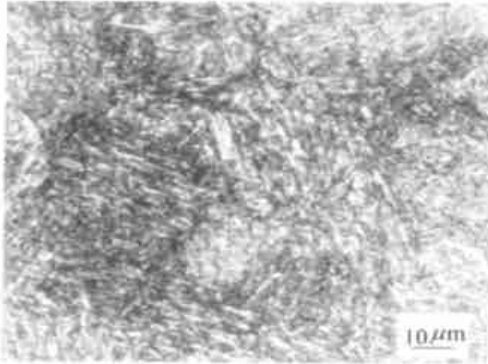


图 2 0% 热变形
Fig. 2 0% hot forging



图 3 15% 热变形
Fig. 3 15% hot forging

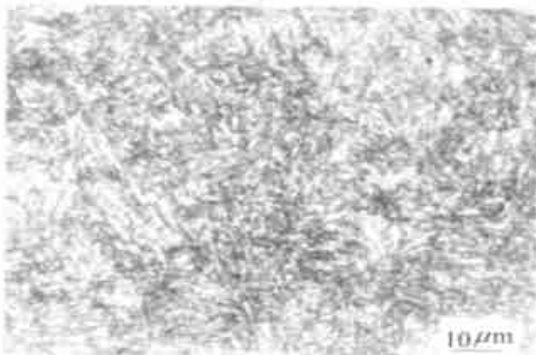


图 4 31.35% 热变形
Fig. 4 31.35% hot forging

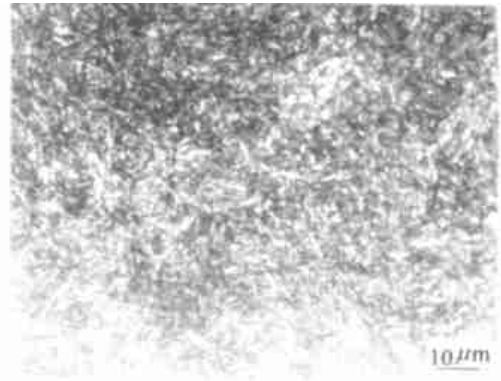


图 5 98.4% 热变形
Fig. 5 98.4% hot forging

在图 1 中, G50 钢经 $1150 \sim 1200$ 空烧后, 其组织为粗大的马氏体, 但 $1150 \sim 1200$ 空烧, 再经 $680 \times 2 \text{ h a. c.}$ 退火及 $850 \times 1 \text{ h o. c.} + 300 \times 2 \text{ h a. c.}$ 热处理后, 其组织又被细化(见图 2), 说明对于 G50 超高强度钢, 正常热处理可消除前面工序过热的粗大组织。这与所测的力学性能一致(见表 3)。从图 3~图 5 可看出, 随着热锻变形量的增大, 马氏体组织有细化趋势, 但变化并不明显, 而其力学性能也相差不大(见表 3)。

4 结论

(1) 新型超高强度钢 G50 有良好的可锻性, 由 $80 \text{ mm} \times 160 \text{ mm}$ 顶锻成薄圆饼, 变形量达 89.4%, 仍无任何裂纹产生。

(2) 新型超高强度钢 G50 经不同变形量的墩粗锻造并经 $680 \times 2 \text{ h a. c.} + 850 \times 1 \text{ h o. c.} + 300 \times 2 \text{ h a. c.}$ 处理后有很高的强度和好的韧性, 且其组织及性能与热锻变形量的大小关系不大。

(3) 新型超高强度钢 G50, 经 $680 \times 2 \text{ h a. c.}$ 退火及 $850 \times 1 \text{ h o. c.} + 300 \times 2 \text{ h a. c.}$ 强强化热处理, 可细化前面工序超高温加热所造成的的粗大组织, 从而优化性能。

参考文献

- 1 赵振业. 合金钢设计. 国防工业出版社, 1999: 185
- 2 王黎云. 航天用新型无钴高强高韧钢 G50 研制. 见: 2001 中国钢铁年会论文集(下卷), 冶金工业出版社, 2001: 829
- 3 Handerhan KJ. A comparison of the fracture behavior of two heats of the secondary hardening steel AF1410. Metall. Trans., 1989; 20A: 105~123