

HB

中华人民共和国航空工业标准

HB/Z 136-2000

航空结构钢热处理工艺

2000-09-20 发布

2001-01-01 实施

中国航空工业总公司 批准

前 言

本标准 of HB/Z 136-88 的修订版。

本标准在 HB/Z 136-88 的基础上增加了 40CrNi2Si2MoVA、38Cr2Mo2VA、16Ni3CrMoA(E)、18CrNi4A、15CrMnMoVA(E)、30Cr3MoA、30Ni4CrMoA、32Cr3MoVA、35Cr2Ni4MoA(E)、16CrNi4MoA、25Cr3MoA、40Cr3MoVA、65Si2MnWA 十三种牌号钢的热处理工艺。

本标准参照美国 MIL-H-6875H 和 AMS 2759/1B 等标准,对热处理保温时间的表示方法和参数作了较大的调整。

本标准附录 A 提供了超高强度钢的布氏硬度与拉伸强度换算关系。

本标准附录 A 是提示的附录。

本标准自实施之日起,同时代替 HB/Z 136-88。

本标准由航空材料热工艺标准化技术归口单位提出并归口。

本标准起草单位:成都飞机工业(集团)公司、西安航空发动机公司。

本标准主要起草人:李柏华、邵洋、刘宏斌、袁文明、冯敏、范炳川、万育贤。

本标准于 1977 年第一次发布,1988 年第一次修订,2000 年第二次修订。

中华人民共和国航空工业标准

航空结构钢热处理工艺

HB/Z 136-2000
代替 HB/Z 136-88

1 范围

本标准规定了航空产品用结构钢的热处理类别、设备、工艺、生产过程控制、质量控制与检验等有关要求。

本标准适用于航空结构钢制件的热处理。

2 引用标准

下列标准包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。在标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 224-1987	钢的脱碳层深度测定法
GB/T 10066.1-1988	电热设备的检验方法 通用部分
HB 0-94-77	黑色金属硬度及强度换算表
HB 5013-96	热处理制件检验类别
HB 5143-96	金属室温拉伸试验方法
HB 5144-96	金属室温冲击韧性试验方法
HB 5168-96	金属布氏硬度试验方法
HB 5172-96	金属洛氏硬度试验方法
HB 5173-96	金属维氏硬度试验方法
HB 5354-94	热处理工艺质量控制
HB 5415-88	热处理淬火用油
HB/Z 191-91	航空结构钢、不锈钢真空热处理说明书
HB/Z 316-1998	热处理加热用中性盐浴
YB/T 5148-1993	金属平均晶粒度测定法

3 热处理类别

航空结构钢可以采用如下各种热处理:

- a) 完全退火;
- b) 不完全退火;

- c) 低温退火;
- d) 等温退火;
- e) 正火;
- f) 淬火;
- g) 等温淬火;
- h) 回火。

4 设备

4.1 加热设备

4.1.1 航空结构钢制件可用空气电阻炉、盐浴炉、保护气氛炉、真空炉等加热。对于具有成品尺寸的制件、薄壁制件、螺栓等,一般应在盐浴炉、保护气氛炉、真空炉中加热,也可用涂料保护后在空气电阻炉中加热。

4.1.2 用于航空结构钢热处理加热的各种设备均应具有温度自动调节、记录和报警的控制装置,并应符合 HB 5354 中对加热设备一般要求的规定。

4.1.3 加热炉按有效加热区的炉温均匀性要求分为五类。加热炉分类、温度测量设备、炉温均匀性检验、炉温控制档案等按 HB 5354 有关规定执行。

4.1.4 盐浴炉应定期用校正剂脱氧。盐浴用盐和校正剂应符合 HB/Z 316 的规定,对制件不应产生超过规定深度的脱碳、增碳或腐蚀等其它有害作用。

4.1.5 保护气氛加热炉应根据热处理工艺要求调节和控制炉内气氛成分,保护气氛不允许直接冲刷制件。

4.1.6 真空热处理炉冷态的压升率应小于 0.67Pa/h 。用于钢制件的旧真空炉,在不影响制件表面质量的前提下,允许放宽到 1.33Pa/h 。压升率的检验方法按 GB/T 10066.1 执行,其检验周期在连续使用的前提下为每月一次。设备大修后、更换密封元件后或长期未用重新启用前,应及时进行检验。炉内真空度和气氛应根据热处理的工艺要求进行调节。

4.1.7 热处理保护涂料不应应对制件产生不良影响,并能在热处理冷却过程中或热处理后续工序中很容易被清除掉。

4.2 冷却设备和冷却介质

4.2.1 淬火槽容积应能保证在连续生产条件下有足够的冷却能力,必要时可安装加热或冷却装置。等温淬火用硝酸盐槽或碱槽的容量,应以在放入淬火制件后其温度升高不超过工艺规定的范围为准。淬火槽应具备冷却循环系统或搅拌装置,保证制件表面各部位均匀冷却,不允许用压缩空气搅拌。淬火槽应配置分辨率不大于 5°C 的测温装置,测量冷却介质的温度。

4.2.2 一般常用冷却介质有:平静的空气(室温)、氩气、氮气等气体;水(室温)、温水($30\sim 60^\circ\text{C}$)、热水(大于 60°C)、盐水(约含 10% 氯化钠)、有机化合物水溶液;普通淬火油(或物理性质相类似的其它矿物油)、真空淬火油、快速淬火油、光亮淬火油、快速光亮淬火油以及淬火用的硝酸盐浴或碱浴。

4.2.3 淬火油应符合 HB 5415 的要求。制件淬火过程中油温一般应保持在 $10\sim 100^\circ\text{C}$ 。淬火油温度有特殊要求时可在专用工艺文件中规定。

4.2.4 淬火用水和水溶液不应含有有害物质,不对制件产生不良影响。水溶液的溶质应符合相应的技术标准要求。水溶液的成份和浓度应符合淬火工艺要求。

4.2.5 淬火用硝酸盐浴和碱浴的常用质量配比、熔化温度和使用温度如表 1 所示。所用盐、碱应符合 HB 5354 的要求。其槽液应能达到要求的淬火冷却性能,成份均匀,不含有过量有害物质,对制件不能有腐蚀及其它有害影响。

4.2.6 热处理生产中使用的各种槽液和气体应按 HB 5354 或工厂质量控制标准中有关技术要求定期检验。

表 1

序 号	槽液成分	质量配比, %	熔化温度, ℃	使用温度, ℃
1	硝酸钾(KNO ₃)	50	220	245~550
	硝酸钠(NaNO ₃)	50		
2	硝酸钾(KNO ₃)	55	137	150~500
	亚硝酸钠(NaNO ₂)	45		
3	氢氧化钾(KOH)	72	140	160~300
	氢氧化钠(NaOH)	19		
	硝酸钾(KNO ₃)	2		
	亚硝酸钠(NaNO ₂)	2		
	水(H ₂ O)	5		
4	氢氧化钠(NaOH)	100	328	350~550

5 工艺

5.1 热处理规范

5.1.1 加热温度

5.1.1.1 正火、完全(或等温)退火、低温退火(或高温回火)、不完全退火的加热温度及相应的硬度见表 2。

5.1.1.2 淬火温度、按强度或硬度要求选择的回火温度以及冷却介质见表 3。

表 2

序号	钢 号	正火 ¹⁾	完全(或等温)退火 ¹⁾		低温退火(或 高温回火) ¹⁾	不完全退火 ¹⁾
		加热温度 ²⁾ ℃	加热温度 ²⁾ ℃	布氏硬度 HBS 或 HBW	加热温度 ²⁾ ℃	加热温度 ²⁾ ℃
1	10, 10A	900	-	95.5~121 ³⁾	680~710	-
2	15, 15A	900	-	95.5~143 ³⁾	680~710	-
3	18A, 20, 20A	890	890	111~170 ³⁾	680~710	-
4	25 30	890	890	131~170 ≤179	680~710	-
5	35 40	870	870	143~187 156~197	680~700	-
6	45, 45A 50	850	850	170~229 187~255	680~710	-
7	15CrA 20CrA	880	880	≤156 ≤179	690~710	-
8	13Ni5A 21Ni5A	900	-	156~241 ³⁾ 170~255 ³⁾	650~680	-
9	12CrNi3A 12Cr2Ni4A	890	890	156~229 187~255	650~680	-
10	18Cr2Ni4WA	950	-	197~269 ⁴⁾	650~680	-
11	16Cr2MnTiA	940	-	156~269 ⁴⁾	650~680	-
12	25CrMnNiTiA	940	-	≤255 ⁴⁾	650~680	-
13	38CrMoAlA	940~950	940~950	156~229	650~680	-
14	20Mn2A	880	880	-	690~710	-
15	20CrMoA 30CrMoA	880	880	≤197 ≤229	690~710	-
16	16CrSiNi	900	900	≤229	690~710	780
17	25CrMnSiA ⁵⁾	900	900	149~207	690~710	780
18	30CrMnSiA ⁵⁾	880~900	900	156~229	690~710	780
19	30CrMnSiNi2A	900	900	156~255	670~710	780
20	30Cr2Ni2WA	950	-	179~269 ⁴⁾	650~680	-
21	30Cr2Ni2WVA	950	-	179~269 ⁴⁾	650~680	-

续表 2

序号	钢 号	正火 ¹⁾	完全(或等温)退火 ¹⁾		低温退火(或 高温回火) ¹⁾	不完全退火 ¹⁾
		加热温度 ²⁾ ℃	加热温度 ²⁾ ℃	布氏硬度 HBS 或 HBW	加热温度 ²⁾ ℃	加热温度 ²⁾ ℃
22	20CrNi3A	880	880	163~241	650~680	-
23	37CrNi3A	870	850	197~269	650~680	-
24	38CrA ⁵⁾ 40CrA	870	860	156~229	650~680	-
25	40CrVA	870	870	156~255	650~680	-
26	40CrNiMoA 40CrNiWA	860	860	170~269	650~680	-
27	T7, T7A, T8, T8A, T9, T9A, T10, T10A	-	770 ⁶⁾	≤187	690~710	-
28	50CrVA	860	860	156~255	680~700	-
29	65Mn	810	810	≤269	680~700	-
30	60Si2MnA	860	860	≤302	680~700	-
31	40CrMnSiMoVA	920	920	≤269	700~740	-
32	18CrMn2MoBA	920	920	-	680~710	-
33	40CrNi2Si2MoVA	925	-	≤270 ⁴⁾	(680~720) ⁷⁾	780 ⁸⁾
34	38Cr2Mo2VA	1000	-	≤269 ¹⁰⁾ ≤(255) ¹⁰⁾	(710~730) ⁷⁾	850 (820) ⁹⁾
35	16Ni3CrMoA(E)	-	-	≤241	-	-
36	18CrNi4A	-	-	≤241 ¹¹⁾	650~690 ¹²⁾	-
37	15CrMnMoVA(E)	975 ¹³⁾	-	≤200 ⁴⁾	(700) ⁷⁾	-
38	30Cr3MoA	900 -	- 825	≤248 ⁴⁾ ≤248	(700) ⁷⁾ -	-
39	30Ni4CrMoA	870	-	≤270 ⁴⁾	(660) ⁷⁾	-
40	32Cr3MoVA	-	-	≤248	-	-
41	35Cr2Ni4MoA(E)	875 -	-	≤295 ⁴⁾ ≤298 ¹¹⁾	(670) ⁷⁾ 680 ¹⁴⁾	-
42	16CrNi4MoA	920	-	≤277 ⁴⁾	(650) ⁷⁾	-
43	25Cr3MoA	-	-	≤269 ¹¹⁾	≥700	-

续表 2

序号	钢 号	正火 ¹⁾	完全(或等温)退火 ¹⁾		低温退火(或 高温回火) ¹⁾	不完全退火 ¹⁾
		加热温度 ²⁾ ℃	加热温度 ²⁾ ℃	布氏硬度 HBS或 HBW	加热温度 ²⁾ ℃	加热温度 ²⁾ ℃
44	40Cr3MoVA	-	-	≤277 ¹¹⁾	700~750	-

注:

- 1) 正火、低温退火、高温回火后应为空冷。完全退火、不完全退火后,应炉冷至 650℃ 以下出炉空冷。对具有回火脆性倾向的钢(铬钢、铬镍钢、铬锰硅钢、铬锰硅镍钢等)随炉冷至 650℃ 必须出炉空冷。
- 2) 温度偏差一般为 ±10℃。特殊情况下,允许将正火、完全(或等温)退火、低温退火(或高温回火)、不完全退火的加热温度偏差扩大到 ±20℃。
- 3) 指正火后的硬度。
- 4) 指正火加高温回火后的硬度。
- 5) 25CrMnSiA、30CrMnSiA 和 38CrA 等钢的等温退火,是在等温退火加热温度下保温后,随即转入 650℃ 另一个炉内,并在此温度下保持 1~2h,然后出炉空冷。
- 6) T7、T7A、T8、T8A、T9、T9A、T10、T10A 钢的退火也可以在 770℃ 下保温后,随炉冷至 620~640℃,并保持 1~2h,然后出炉空冷。
- 7) 括号内均为高温回火温度。
- 8) 退火保温后以 10℃/h 冷至 650℃,再以 20℃/h 冷至 500℃ 以下出炉空冷。
- 9) 括号内为型材退火温度。对于型材退火后炉冷至 700℃,并在此温度下保持 6~8h,随后炉冷至 500℃ 以下出炉空冷。对于棒材退火后随炉冷至 500℃ 以下出炉空冷。
- 10) 无括号数值为棒材正火加高温回火或不完全退火后的硬度;括号内数值为型材不完全退火后的硬度。
- 11) 指低温退火后的硬度。
- 12) 保温后炉冷至 500℃ (不大于 50℃/h),随后出炉空冷。
- 13) 15CrMnMoVA(E) 钢亦可采用淬火加高温回火工艺细化晶粒。
- 14) 保温 2~5h 后炉冷至 500℃ 以下出炉空冷。

表 3

序号	钢 号	淬 火		回 火				
		加热温度 ¹⁾ ℃	冷却介质	抗拉强度 MPa	硬度 ²⁾ HRC	加热温度 ³⁾ ℃	冷却介质 ⁴⁾	
1	10,10A,15,15A	910~930	水,盐水	-	27.5~35.0	370~430	空气	
2	18A,20,20A 25	900~920 890	水,盐水	-	30.0~36.0	340~400	空气	
3	30 35	890	水,盐水 油,水	-	20.0~25.0	540~590	空气	
		860			25.0~30.0 35.0~41.0	500~550 390~440		
4	40	840	油,水	-	20.0~25.0	550~600	空气	
					25.0~30.0	480~530		
					30.0~35.0	450~510		
					35.0~40.0 40.0~45.0	400~450 370~420		
5	45,45A	820~860	油,水 低温碱浴	-	685~885	17.0~25.5	550~610	空气
					785~980	20.5~29.5	520~580	
					-	28.0~34.0	480~540	
					-	34.0~40.0	420~480	
					-	40.0~45.0 45.0~50.0	360~420 290~350	
6	50	820~860	油,水 低温碱浴	-	20.0~25.0	550~610	空气	
					26.0~32.0	500~550		
					32.0~38.0	450~500		
					39.0~45.0 45.0~50.0	370~430 290~360		
7	15CrA,20CrA	880	油	-	18.0~28.0	500~550	油,水	
8	13Ni5A	860	油	-	22.0~30.0	430~480	油,水	
9	21Ni5A	860	油	-	22.0~30.0	470~530	油,水	
10	12CrNi3A	860	油	-	20.0~30.0	480~550	油,水	
					30.0~37.0	420~480		
11	12Cr2Ni4A	860	油	-	20.0~30.0	520~580	油,水	
					30.0~37.0	440~500		

续表 3

序号	钢号	淬 火		回 火			
		加热温度 ¹⁾ ℃	冷却介质	抗拉强度 MPa	硬度 ²⁾ HRC	加热温度 ³⁾ ℃	冷却介质 ⁴⁾
12	18Cr2Ni4WA	850~860	油,空气	- - ≥1030 -	20.0~30.0 30.0~37.0 ≥34.0 38.0~44.0	600~660 520~590 525~575 460~510 ⁵⁾	油,水
13	16Cr2MnTiA	860	油	-	28.0~35.0	480~530	油,水
14	25CrMnNiTiA	860	油,空气	≥1470	-	160~200	空气
			硝盐浴等温 200~260℃ ⁶⁾	1370~1570	-	200~250	空气
15	38CrMoAlA	940~950	油,温水	- ≥930	26.0~30.0 30.0~37.0	650~680 580~660	油,水
16	20Mn2A	890	油	-	-	580~650 ⁷⁾	空气,水
17	20CrMoA	880	油,水	≥540 ≥785	-	650~700 480~520	油,水
18	30CrMoA	880	油,水	685~885 885~1080	17.0~28.0 28.0~35.5	580~650 500~580	油,水
19	16CrSiNi	925	油,水	885~1080 1080~1270	27.5~35.5 35.5~41.0	440~460 360~400 ⁸⁾	油,水
20	25CrMnSiA	900	油	685~885 - 980~1180	- 21.0~31.0 31.5~38.0	600~650 550~600 480~530	油,水
21	30Cr2Ni2WA	860	油	≥980 ≥1180	31.5~37.0 38.0~42.0	560~640 540~620	空气,油
22	30Cr2Ni2WVA	900	油	≥1030 ≥1180	33.0~37.0 38.0~42.0	600~650 580~630	空气,油
23	30CrMnSiA	880~900	油	685~885 785~980 885~1080 980~1180 1080~1270 1180~1370	- - 26.5~35.0 31.0~38.0 35.0~41.0 -	640~690 600~660 540~600 500~570 480~540 470~510	油,水 ⁹⁾ 或空气

续表 3

序号	钢 号	淬 火		回 火			
		加热温度 ¹⁾ ℃	冷却介质	抗拉强度 MPa	硬度 ²⁾ HRC	加热温度 ³⁾ ℃	冷却介质 ⁴⁾
23	30CrMnSiA	880~900	硝盐浴或 碱浴等温 ⁶⁾	1080~1270	-	-	空气,温水
			370~400℃	1180~1370	-	-	
			360~390℃	1370~1570	-	200~250	
			280~340℃	1570~1770	-	200~250	
24	30CrMnSiNi2A	900	油	1570~1770	47.0~50.5	250~300	空气,温水
			硝盐浴或 碱浴等温 ⁶⁾	1370~1570	43.0~47.0	-	空气,温水
			310~330℃	1470~1670	45.0~48.5	250~300	
			280~320℃	1570~1770	47.0~50.5	250~300	
25	20CrNi3A	860	油,温水	-	20.0~26.0	580~640	油,水
				-	26.0~32.0	490~550	
				980~1130	32.0~37.0	430~490	
26	37CrNi3A	840	油,温水	-	26.0~32.0	580~640	油,水
				-	31.0~37.0	520~580	
				1080~1270	35.5~41.0	470~530	
27	38CrA, 40CrA	860	油 ¹⁰⁾	885~1080	27.0~35.0	530~590	油,水
				-	30.0~37.0	490~550	
				1080~1270	35.0~41.5	460~530	
28	40CrVA	880	油	885~1080	27.5~35.0	620~680	水
29	40CrNiMoA 40CrNiWA	850	油 ¹¹⁾ ,硝盐浴 或碱浴等温 ⁶⁾	885~1080	27.0~35.0	550~640	水,空气
				980~1180	31.5~38.0	520~600	
				1270~1470	40.0~45.0	460~520	
30	T7, T7A T8, T8A T9, T9A T10, T10A	780	水,油 低温碱浴	-	31.0~36.0	500~550	空气,水
				-	36.0~40.0	450~500	
				-	40.0~45.0	390~440	
				-	44.0~48.0	380~420	

续表 3

序号	钢 号	淬 火		回 火				
		加热温度 ¹⁾ ℃	冷却介质	抗拉强度 MPa	硬度 ²⁾ HRC	加热温度 ³⁾ ℃	冷却介质 ⁴⁾	
31	50CrVA	860	油	1080~1270	35.0~40.5	460~520	油,水	
				1180~1370	38.0~43.0	450~500		
				-	40.0~45.0	420~470		
				-	43.0~47.0	390~440		
32	65Mn	810	油	-	34.0~38.0	520~570	油,水	
				-	36.0~40.0	500~550		
				-	40.0~45.0	430~480		
				-	44.0~48.0	390~440		
33	60Si2MnA	860	油	-	31.0~36.0	580~630	油,水	
				-	36.0~40.0	530~580		
				-	40.0~45.0	470~520		
				-	44.0~48.0	450~500		
34	65Si2MnWA	840~860	油	-	47.0~51.0	430~460	水	
				-	-	-		
35	18CrMn2MoBA	920	空气	685~885	17.0~26.5	630~680	空气	
				885~1080	26.5~35.0	500~600		
				≥1080	≥35.0	300~400		
36	40CrMnSiMoVA	920	油	1860~2060	52.0~54.5	200~300	空气,热水	
			硝酸盐浴或碱浴等温 ⁵⁾					
			180~230℃	1770~1960	50.5~53.5	200~300	空气,热水	
			290~320℃	1670~1860	49.0~52.0	200~300		
			300~340℃	1470~1670	45.0~49.0	-		
320~360℃	1370~1570	43.0~47.0	-					
37	40CrNi2Si2MoVA	500~650℃ 预热后加热至 870℃	油	1860~2060	52.0~56.0	300 ¹²⁾	空气	
38	38Cr2Mo2VA	1000	油	1370~1570	43.0~47.0	610~650 ¹²⁾	空气,水	
				≥1670	48.0~52.0	600 ¹²⁾		

续表 3

序号	钢号	淬 火		回 火			
		加热温度 ¹⁾ ℃	冷却介质	抗拉强度 MPa	硬度 ²⁾ HRC	加热温度 ³⁾ ℃	冷却介质 ⁴⁾
39	16Ni3CrMoA(E)	825	油	1180~1380	-	190	空气
40	18CrNi4A	820	油	1320~1520	384~433	170~190	空气
41	15CrMnMoVA(E) ¹³⁾	975	油	980~1180 1030~1230 1080~1280	291~350 300~355 314~375	650 600~635 595~630	空气
42	30Cr3MoA	900	油	930~1080	285~330	630	油,空气
43	30Ni4CrMoA ¹³⁾	850	油	1080~1230 1230~1370	321~360 360~400	585 ≥525	油
44	32Cr3MoVA	950	油	1080~1280	320~380	635	油,空气
45	35Cr2Ni4MoA(E)	875	空气	1230~1380 1760~2010	365~415 ≥48	560 210 ¹⁴⁾	空气
46	16CrNi4MoA	820~850	580℃等温 ⁶⁾ 油冷	1320~1520	388~444	190	空气
47	25Cr3MoA	900	油	930~1110 1005~1110 1110~1280	286~321 311~341 352~388	580~630 570~620 550~600	空气
48	40Cr3MoVA	930	油	1320~1470	388~429	580~610	水,空气

注:

- 1) 淬火温度和回火温度偏差为±10℃。
- 2) 序号为37~48的钢号,其强度与硬度的换算关系来源于相关的材料标准和工艺说明书,其余钢号的硬度与强度关系符合HB 0-94。序号为40~48的钢号,其硬度为HBS或HBW值(除序号为45钢号的硬度值48为HRC值外)。
- 3) 表内规定的回火温度可根据具体条件(制件尺寸、钢的化学成分、热处理方法及设备的特点等)加以适当修订。
- 4) 碱浴槽回火时,用60℃以上的热水冷却。
- 5) 允许采用等温淬火代替。
- 6) 30CrMnSiNi2A, 40CrMnSiMoVA钢等温淬火时,在等温槽保持1h; 30CrMnSiA钢等温保持时间为15~20min; 40CrNiMoA, 25CrMnNiTiA钢等温保持时间为30~60min; 16CrNi4MoA钢等温保持时间为30min。对个别炉号的30CrMnSiNi2A钢制件,如果获得的硬度值高于或低于规定硬度时,允许重复淬火时改变等温槽温度,但不得高于330℃或低于180℃。
- 7) 若用于铆钉,其性能按有关技术文件。
- 8) 当淬火硬度满足要求时,允许采用200~250℃回火。

续表 3

序号	钢 号	淬 火		回 火			
		加热温度 ¹⁾ ℃	冷却介质	抗拉强度 MPa	硬度 ²⁾ HRC	加热温度 ³⁾ ℃	冷却介质 ⁴⁾
9) 一般情况下,应采用油或水冷,对于薄壁制件允许采用空冷。 10) 38CrA 钢制件截面尺寸不小于 18mm 且形状简单时,可采用 840℃ 淬温水。 11) 40CrNiMoA 钢制件截面尺寸不小于 35mm 且形状简单时,可采用 830℃ 淬温水。 12) 均需回火两次。 13) 对于 15CrMnMoVA(E) 及 30Ni4CrMoA 钢的细薄截面制件 [15CrMnMoVA(E) 钢直径或厚度不大于 3mm], 淬火时为减少变形,也可采用空冷。 14) 淬火后回火前应进行 -70 ~ -80℃ 保持 2h 的冰冷处理。							

5.1.2 保温时间

5.1.2.1 制件在加热炉内应保证均匀加热并热透,保温时间由制件条件厚度或最大厚度确定。在单层散放情况下,正火、退火、淬火、回火保温时间可按表 4 执行。密集堆放时,保温时间应适当延长。表 4 所列时间为按经验公式计算的时间,具体制件的保温时间,各生产部门应根据制件的特点、加热设备及制件的装载条件对保温时间进行必要的调整。

表 4

条件厚度 或最大厚度 mm	保温持续时间, min				
	正火、退火、淬火		回 火		
	空气、气体介质	液体介质 (盐浴)	>300℃	≤300℃	
			静止或循环 空气电阻炉	盐浴炉	静止或循环 空气电阻炉
≤5	20~40	7~10	40~70	120~135	180~210(静止) 150~180(循环)
5.1~10.0	20~40	8~15	40~80		
10.1~15.0	20~40	9~20	50~90		
15.1~20.0	23~50	11~25	50~100		
20.1~25.0	30~60	13~30	60~110		
25.1~30.0	38~70	16~35	70~120		
30.1~35.0	45~80	18~40	80~130	135~150	210~240(静止) 180~210(循环)
35.1~40.0	53~90	21~45	90~140		
40.1~45.0	60~100	23~50	100~150		

续表 4

条件厚度 或最大厚度 mm	保温持续时间, min				
	正火、退火、淬火		回 火		
	空气、气体介质	液体介质 (盐浴)	>300℃	≤300℃	
			静止或循环 空气电阻炉	盐浴炉	静止或循环 空气电阻炉
45.1~50.0	68~110	26~55	110~160	135~150	210~240(静止) 180~210(循环)
50.1~55.0	75~120	28~60	120~170		
55.1~60.0	83~130	31~65	130~180		
>60.0	(0~10)+(1.5~ 2)min/mm 条件厚度	(3~5)+(0.5~ 1)min/mm 条件厚度	(20~60)+ 2min/mm 条件厚度	120+ 0.5min/mm 条件厚度	(150~180)+ 1min/mm 条件厚度

注:

- 1 保温时间应从工作区最后一支记录热电偶达到设定温度下限时开始计算。
- 2 38CrMoAlA 钢淬火保温时间按表 4 规定再增加 50%。
- 3 经预热后的制件, 淬火保温时间可适当缩短。
- 4 对于具有粒状珠光体组织的制件, 淬火保温时间应当延长。
- 5 提高钢的冷变形塑性, 改善切削加工性能的低温退火, 其保温时间为 1~3h。
- 6 真空热处理保温时间按 HB/Z 191-91 中 7.2.4 条的规定执行。
- 7 对于条件厚度不大于 1mm 且在液体介质(如盐浴炉)中加热的制件, 其保温时间为 5~6min。
- 8 采用大于 300℃ 并在碱槽中回火的制件, 其保温时间按静止或循环空气电阻炉大于 300℃ 回火保温时间的 2/3 计算。


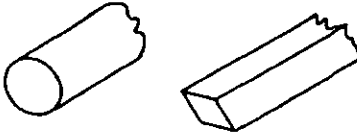
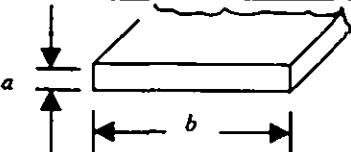
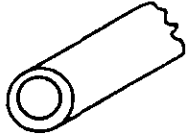
5.1.2.2 最大厚度系指制件最厚截面尺寸或叠放制件的总厚度, 取两者的最大值。条件厚度为实际厚度(壁厚)乘以制件形状系数。各种截面的制件形状系数见表 5。

5.2 预备热处理

5.2.1 为了改善切削加工性能, 对于低、中碳钢预备热处理一般采用正火处理; 对于合金结构钢则应进行完全退火、正火、正火加高温回火、低温退火; 对于冷作硬化状态供应的精整钢, 可直接或在 500~550℃ 消除内应力后进行切削加工。

5.2.2 为改善热轧 30CrMnSiA、25CrMnSiA、16CrSiNi 等钢的切削加工性能, 可以采用不完全退火(其规范为在 780℃ 保温后, 截面大于 10mm 时在空气中冷却, 截面等于或小于 10mm 时, 则随炉冷至 650℃ 出炉空冷)。为改善热轧 30CrMnSiNi2A 钢的切削加工性能, 一般是进行正火加不完全退火(具体规范为正火后加热至 780℃ 保温, 然后随炉冷却至 650℃, 并在此温度保持 2~6h, 再出炉空冷)。允许用高温回火代替不完全退火(其规范为加热至 670~710℃, 保温 2~6h 后空冷)。

表 5

形 状	系 数
 球 正方体	0.75
 圆棒 方棒	1.00
 板	$b \leq 2a$ 1.50 $2a < b \leq 4a$ 1.75 $b > 4a$ 2.00
 管	两端开口短管 ≤ 2.00 一端封闭管 2.00~4.00 长管(长/内径大于 3)或 两端封闭管 > 4.00

5.2.3 为消除锻件显微组织不均匀性,改善过热组织及切削加工性能,可以进行正火、正火加高温回火、完全退火或等温退火。

5.2.4 在深冲压、拉伸、冷镦前或其加工过程中,为改善和恢复材料塑性,一般采用低温退火、等温退火;10号和20号钢则进行正火或完全退火。

5.3 最终热处理

5.3.1 超高强度钢热处理

5.3.1.1 公称抗拉强度(σ_b)不小于1470MPa的超高强度钢制件热处理,可以选用油淬加低温回火、马氏体区等温淬火加低温回火以及马氏体转变开始点 M_s 附近等温淬火。

5.3.1.2 超高强度钢制重要受力件应在真空炉、盐浴炉、氨基气氛炉或其它保护气氛炉中淬火加热,并应注意防止氢脆、增碳、元素贫化或富化。如用空气电阻炉淬火加热,应采取措施防止或减轻氧化脱碳的影响。

5.3.1.3 对于厚度差在3倍以上的制件,强度范围可扩大98MPa;厚度差为2~3倍时,可将强度范围扩大49MPa。设计部门设计制件时应予以考虑。

5.3.1.4 主要超高强度钢制件的最大厚度限制按表 6 规定。

表 6

钢 号	淬火冷却方法	最大限制厚度	
		形 状	尺寸,mm
30CrMnSiNi2A	油淬 180~230℃ 等温 280~320℃ 等温 310~330℃ 等温	圆柱体或正方体	80
		型材	60
		双面冷却板材和管材	40
		单面冷却管材	20
38Cr2Mo2VA	油淬	圆柱体	60
40CrMnSiMoVA	油淬 180~230℃ 等温 290~320℃ 等温 300~340℃ 等温	圆柱体	80
		圆柱体	50
		单面冷却管材	20
		圆柱体	40
40CrNi2Si2MoVA	油淬	圆柱体	100

5.3.1.5 在 300℃ 和 300℃ 以下等温淬火时,必须进行 250~300℃ 回火,300℃ 以上等温淬火时,可不进行低温回火。

5.3.1.6 对于超高强度钢制的重要螺纹制件,为了改善其缺口敏感性和提高抗疲劳性能,螺纹部分一般用铅浴或高频加热方法进行局部加热回火,局部回火温度为 700℃。螺纹部分局部回火的硬度应降到某一个范围,对于 30CrMnSiNi2A 钢为 33~40HRC,对于 40CrMnSiMoVA 钢为 39~43HRC。由于局部回火使螺杆部分硬度降低的区域,应不超过螺杆直径之半;螺纹旁边退刀槽附近的螺杆上硬度应不大于某一个定值,对于 30CrMnSiNi2A 钢硬度定值为 43HRC,对于 40CrMnSiMoVA 钢硬度定值为 47HRC。

5.3.1.7 淬火、回火后磨削或校正的制件,必须进行一次去应力回火,其温度应低于原回火温度 20~30℃。装配后经补充校正,可以不进行补充回火。经磷化处理的制件磨削后于 150℃ 回火。

5.3.1.8 制件在热处理或校正后,应进行无损检验。

5.3.1.9 超高强度钢制零件经热处理后,其布氏硬度值不小于 444HBW 时,一般应采用洛氏硬度法测试硬度,硬度值换算按 HB 0-94 进行。对于图样规定采用布氏硬度法测试的制件,必须采用硬质合金球进行测试。布氏硬度与抗拉强度的换算见附录 A(提示的附录)。

5.3.2 高强度钢热处理

5.3.2.1 高强度钢制件热处理,可以选用调质(淬火加高温回火)、等温淬火及正火加回火等工艺。

5.3.2.2 对于壁厚差大于3倍以上的制件,强度范围允许扩大98MPa;而制件最大截面尺寸小于4mm者,可以不考虑其壁厚差。设计部门设计制件时应予以考虑。

5.3.2.3 30CrMnSiA钢制件调质处理至抗拉强度(σ_b)大于或等于1080MPa时,制件心部的强度下限允许按表7规定降低。

表7

制件尺寸,mm		允许强度降低值,MPa
直径	厚度	
≤10	≤5	0
>10~16	>5~8	29
>16~20	>8~10	49
>20~25	>10~13	98

5.3.2.4 30CrMnSiA钢制件等温淬火时,钢的强度极限或硬度允许扩大范围。

以抗拉强度1080~1420MPa代替抗拉强度1080~1270MPa,即以35~44HRC代替35~41HRC。

以抗拉强度1180~1470MPa代替抗拉强度1180~1370MPa,即以38~45.5HRC代替38~44HRC。

5.3.2.5 主要高强度钢的最大厚度限制按表8规定。

表8

钢号	热处理工艺	最大限制厚度	
		形状	尺寸,mm
30CrMnSiA	油淬	圆柱体	25
		圆柱体	12
	等温淬火	双面冷却扁平制件或管状制件	6
		单面冷却制件	3
40CrNiMoA	油淬	圆柱体	35
18Cr2Ni4WA	油淬	圆柱体	80
12Cr2Ni4A	油淬	圆柱体	30
12CrNi3A	油淬	圆柱体	25
25CrMnNiTiA	等温淬火	圆柱体	30
		管状或板状制件	15
18CrMn2MoBA	空冷	圆柱体	80

5.3.2.6 30CrMnSiA 钢等温淬火时,工艺参数可按表 9 选取。

5.3.2.7 30CrMnSiA 钢在 320℃ 和 320℃ 以上等温淬火后,一般可不用回火。等温温度低于 320℃ 时需在 200~250℃ 回火。允许用不高于 300℃ 的等温淬火代替油淬,并在与油淬回火温度相近的温度回火,以达到要求的硬度。

5.3.2.8 用 30CrMnSiA 钢板材和管材制成的薄壁制件,当热处理要求抗拉强度 685~885MPa 时,若不要求有较高的弹性极限和屈服极限,可以选用正火,正火加回火工艺。

5.3.3 其它结构钢热处理

5.3.3.1 航空结构钢热处理一般选用调质、等温淬火及正火加回火等工艺。

5.3.3.2 中碳钢制件在 160~220℃ 盐(碱)浴中等温淬火后的回火温度可参照水中淬火后的回火温度。

表 9

制件的条件厚度或最大厚度,mm	等温淬火槽温度,℃		等温时间,min
	抗拉强度 $\sigma_b = 1080 \sim 1270 \text{MPa}$	抗拉强度 $\sigma_b = 1180 \sim 1370 \text{MPa}$	
≤4.0	400	390	15~20
4.1~8.0	390	380	15~20
8.1~10.0	380	370	15~20
10.1~12.0	370	360	15~20

注:

- 1 淬火槽温度偏差为 ±5℃。
- 2 对于个别炉号的制件,如果获得的硬度高于或低于规定硬度时,允许重复淬火时改变等温槽温度,但不得高于 400℃ 和低于 320℃。
- 3 当等温淬火后制件表面硬度在图样要求的下限时,应剖切制件检查心部硬度,并应符合图样要求。

5.3.4 焊接件热处理

5.3.4.1 焊接件焊接前或焊接后均可进行最终热处理,其工艺由材料、焊接结构和强度要求等因素来确定。

5.3.4.2 焊接前最有利的热处理是保证钢具有均匀组织和良好塑性的退火处理。为防止焊接后裂纹和变形,应及时退火。

6 生产过程控制

6.1 待热处理制件的验收

送交热处理的制件应同时提供原始资料,包括待热处理制件的名称、零组件号、制造批次号、材料牌号和炉批号、工序号和工艺要求、外观和形状尺寸情况等。根据要求提供主要化学

成分和供应状态。热处理前应进行验收和必要的复查。

6.2 热处理专用夹具和装夹

6.2.1 根据热处理制件形状、大小及变形等要求,选用合适的热处理夹具进行装夹。禁止用镀锌铁丝捆扎制件。

6.2.2 长制件在立式炉热处理时,应将制件放在专用夹具上,并悬挂在单独的挂钩上,禁止悬挂成捆制件。

6.2.3 对于大螺栓、对接组合件及其它大型制件,应成单层摆放在加热炉内。禁止将制件堆成两层及两层以上。

6.2.4 小制件(螺栓、螺帽、套管等)可成批地装入金属网篮或炉盘中加热和淬火。

6.2.5 回火时,如果必要可装在夹具上回火。

6.3 预热

形状复杂或截面相差悬殊及要求变形极小的制件,应在加热前进行 500~700℃ 预热。

6.4 热处理操作

6.4.1 按工艺规范正确地进行操作,达到制件的力学性能及其它技术要求。

6.4.2 热处理时,制件一般是到温后装炉。

6.4.3 内腔封闭的制件,在热处理时必须有排气孔或使用排气管。

6.4.4 具有回火脆性倾向的钢,在高温回火时应在油中或水中快速冷却。

6.4.5 焊接件、镀铜件一般不允许使用盐浴炉进行热处理加热。

6.5 淬火与回火之间的间隔

制件淬火后原则上应及时回火。对于超高强度钢、高碳钢以及形状复杂和水淬制件,应尽量缩短淬火到回火的间隔时间,一般不应超过 4h;其它一般不应超过 16h。在含氢较高的保护气氛中加热淬火的制件应注意防止氢脆开裂,特别要及时除氢和回火。

6.6 校正

6.6.1 热处理后制件校正应尽量用静力校正。淬火制件校正一般应在回火后进行,但等温淬火的制件在回火前或回火后均可进行校正。18CrMn2MoBA 钢校正应在正火后进行。

6.6.2 经冷校正的淬火回火制件,应及时进行去应力回火,其温度应低于回火温度,但要注意防止回火脆性。对于贝氏体等温淬火制件,冷校正后应在 180~250℃ 回火。

6.7 表面清洗或清理

6.7.1 对于无加工余量和加工余量小于 0.3mm 的制件,进炉前对制件和所用夹具应清除油、水和污物等。

6.7.2 盐浴或碱浴中热处理后,应在热水中洗去残盐、残碱等并干燥。油淬制件回火前应进行清洗除油。

6.7.3 制件热处理后的氧化皮应根据工艺要求用酸洗、吹砂或喷丸处理等方法进行清理。酸洗一般用于预备热处理之后,最终热处理后酸洗必须注意防止氢脆。高强度钢和超高强度钢最终热处理之后不允许酸洗。

6.7.4 制件经清洗或清理后,应进行防锈处理。

6.8 制件允许重复热处理。重复淬火次数,对于厚度大于 1mm 的制件,允许不超过两次;对

于厚度小于或等于1mm的制件,仅允许一次;对于由超高强度钢、高强度钢制造且形状复杂的大型制件,在重复淬火前应进行中间退火或预热。重复回火不限次数。其它热处理工序的重复次数和增加重复淬火次数,由工厂冶金部门确定。

6.9 热处理原始记录应认真填写并妥善保存。按 HB 5354 有关规定建立完整的热处理质量档案。

7 质量控制与检验

7.1 对热处理过程实行全面质量管理和控制,并进行检验,以确保热处理质量。

7.2 热处理设备、仪表及工艺材料应符合本标准第4章的规定。

7.3 热处理工艺和生产过程应符合本标准第5、6章的规定。

7.4 根据 HB 5013、制件图样(重要的零件一般应规定检验硬度的位置)和工艺规程及有关技术文件要求,检验制件的热处理质量。试验方法按 GB/T 224、HB 5143、HB 5144、HB 5168、HB 5172、HB 5173、YB/T 5148 规定进行。

7.5 强度与硬度换算按 HB 0-94 进行。

附录 A

(提示的附录)

超高强度钢布氏硬度与拉伸强度换算关系

超高强度钢布氏硬度与拉伸强度换算关系见表 A1。

表 A1

拉伸强度 σ_b , MPa	硬度值 HBW	布氏硬度压痕直径, mm
1470	444	2.90
1570	461	2.85
1670	494	2.75
1770	518	2.69
1810	530	2.66

中华人民共和国航空工业标准
航空结构钢热处理工艺
HB/Z 136-2000

*

中国航空工业总公司第三〇一研究所出版
(北京东外京顺路7号)
三〇一研究所印刷车间印刷
北京市1665号信箱发行
版权专有 不得翻印

*

开本 787×1092 1/16 印张 1 1/4 字数 37 千字
2001年8月第一版 2001年8月第一次印刷
印数 1-500
书号:标 301.A0461 定价 10.00 元