

关于65Nb钢胎模热处理工艺的研究

许昌继电器厂 魏玉田

我厂机加车间冷敏生产中，用的925000-1、925001-1、冷敏螺栓帽胎模。如图1。原采用Cr12MoV钢制造，经1020°C加热油冷，200~220°C回火二次，硬度HRC62~63，其使用寿命仅三千件左右。寿命短，满足不了生产的需要。

后来我们采用65Nb钢制造，淬火温度选在1100~1120°C加热油冷，540°C回火二次，硬度HRC60~62，使用寿命最高达60000件以上，收到了显著的效果。为了更进一步提高使用寿命，我们对65Nb钢的性能和用于冷敏模具的优越性和可靠性，进行了研究。

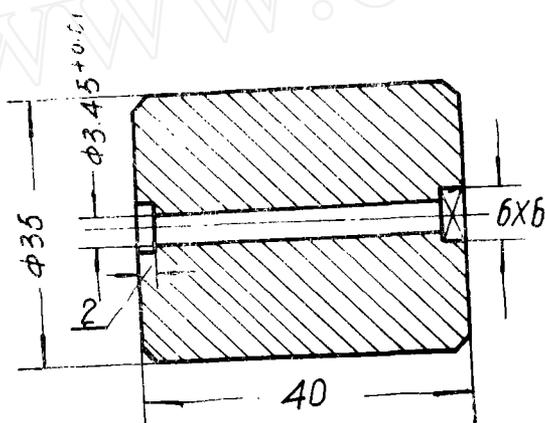


图1 925000-1、925001-1胎模

一、65Nb钢的化学成分分析

65Nb钢的全名是65Cr₄W₃Mo₂VNb，它是大冶钢厂电炉生产的钢种，其化学成分如表1，

表1 65Nb钢的化学成份%

成份	C	Cr	W	Mo	V	Nb ₅	Mn	Si	P	S
含量%	0.67	4	2.9	2.2	1	0.2~0.3	≤0.4	≤0.35	≤0.03	≤0.03

65Nb钢经热处理后，可得到含碳量为0.65%左右的α过饱和固溶体，因此，具有足够的硬度。钢中加入4%的铬后，主要形成M₂₃C₆，M₂₃C₆在较低温度时能溶入基

体，从而提高了该钢的淬透性和淬火硬度；在回火过程中，还能促进钢的二次硬化。钢中约含1%V，与碳形成稳定的MC型碳化物，淬火加热时部分溶解，回火时以MC型碳化物形式析出而产生二次硬化效果，而未溶的VC硬质点可阻止晶粒长大，并使钢具有高的耐磨性，而不致影响磨削性能。W、Mo、V在钢中主要生成 Fe_3W_3C 、 Fe_3Mo_3C 及VC等碳化物，它们在淬火加热时，大部分溶解到奥氏体中，在回火时以 W_2C 、 Mo_2C 、VC形式析出。65Nb钢中钨、钼含量近似 $W_6Mo_5Cr_4V_2$ 高速钢的基体成分，加入0.2~0.3%的铌能改善钢的热加工工艺性能，细化晶粒和提高钢的韧性。

二、65Nb钢的热加工工艺分析

1、锻造：65Nb钢的碳化物不均匀性比高速钢低得多。我们采用的65Nb钢为 $\phi 50$ 、 $\phi 30$ mm棒料，原材料中心疏松，一般为0.5级，碳化物偏析为3级以下，所以不需要精心锻造。尺寸 $\phi 80$ mm以上棒料，碳化物不均匀度可能要高一些，需要采用反复锻工艺。

这种钢的锻造性能很好，比高速钢，高碳高铬钢变形抗力小，热塑性强容易锻造，不易造成裂纹。其锻造工艺如表2。

2、热处理：65Nb钢的临界点， A_{c1} 为 $810\sim 820^\circ C$ ， A_{r1} 为 $740\sim 760^\circ C$ ，奥氏体溶化温度为 $1160^\circ C$ ，珠光体孕育期为8.5分钟，贝氏体孕育期为5分钟，马氏体开始转变点为 $220^\circ C$ 。

表2 锻造工艺

加热温度 $^\circ C$	始锻温度 $^\circ C$	终锻温度 $^\circ C$	冷却方式
1120~1150	1100	900~850	缓冷

(1) 65Nb钢锻造后，要进行球化退火，根据上述技术数据和我们退火试验，安排退火工艺如图2经此工艺退火后，基本上获得了粒状、点状珠光体，其硬度为 $H_B 217$ ，在退火过程中，要严格控制炉温，特别是保温后的降温速度，应控制在 $30\sim 40^\circ C/h$ ，球

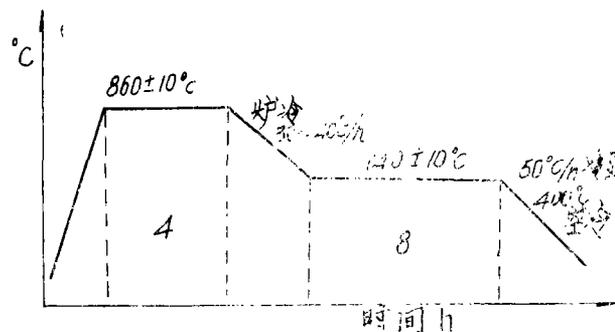


图2 65Nb钢球化退火工艺曲线

化的等温温度和时间是得到球化组织的关键，因为这是碳化物集聚的主要阶段。

退火后的钢材，在模具制造加工过程中，冷挤压成型性很好，在切削加工时有些“啃料”的现象。

(2) 淬火与回火：65Nb钢的淬透性比较高， $\phi 80\text{mm}$ 可在油中淬透。见表3。

表 3

$\text{Ø}80 \times 160$ 毫米， 1160°C加热	表面硬度 H_{RC}	中心硬度 H_{CR}
油 淬	63	61
空 冷	54~55	53

经不同温度加热淬火后，65Nb钢的硬度和晶粒度，随淬火温度的变化而变化。如表4所示。

表 4 经不同温度淬火后65Nb钢的硬度和晶粒度

项 目	淬 火 温 度 ($^{\circ}\text{C}$)						
	1080	1100	1120	1140	1160	1170	1180
硬度 H_{RC}	65.7	65.6	65.5	65.6	66.3	66.3	65.7
晶粒度(级)	—	12~11	11~10	10~9	10~9	9(10)	9(7)

由表中可见，65Nb钢的特点是淬火温度较宽。在1080~1160°C范围内加热淬火，仍保持较细晶粒，只是加热到1180°C时，由于碳化物大量溶解，晶粒开始长大，因此65Nb钢可以在1080~1180°C区间进行淬火。

经1120°C和1160°C淬火后，再进行不同温度回火，其硬度值和残留奥氏体的变化如表5。

表 5

淬 火 温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	硬 度 值 和 残 留 奥 氏 体	回 火 温 度 ($^{\circ}\text{C}$)								
		220	400	450	500	520	540	560	580	600
1120	H_{RC}	60.7	59.2	59.4	61.2	61.9	61.9	61	60.4	58.6
	A' (%)	14	14	14	13	2	0.5	0	0	0
1160	H_{RC}	61.8	59.3	59.5	61.3	61.8	62.2	60.2	61.8	59
	A' (%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—

由此可见，按冷锻模具的特点和要求，65Nb钢淬火温度由1100°C提高到1170°C，其晶粒度变化不大，残留奥氏体量变化也不大。这是由于碳化物在1120°C时，大部分

已固溶,少量难溶的NbC、VC能阻止奥氏体晶粒长大。所以这种基体钢的淬火温度范围,可选择在1120~1170°C之间;回火温度在540~560°C为宜,因为这时残留奥氏体发生急剧转变,出现二次硬化峰。

(3)机械性能:65Nb钢经不同温度淬火和回火后的综合机械性能也远比高速钢为高。65Nb钢的各种机械性能见表6。

三 讨 论

1、关于65Nb钢的强韧性,

65Nb钢具有高的强韧性。由于钢中加入少量铌,形成了难溶的NbC,加热到1150°C以上才开始溶解。溶入基体中的铌有力地提高了原子的结合力,因此,Nb钢晶粒不易长大,起到细化作用,提高了钢材的韧性。

65Nb钢的含碳量和奥氏体化温度,均较高速钢低,又因有铌的作用,延缓碳化物的溶解,所以淬火加热时,固溶体中的含碳量和合金化程度也较低。这样淬火后位错马氏体的数量比高速钢多一些。例如65Nb钢经1120°C油淬,540°C回火,均得到较多的板条马氏体组织。

2 热处理工艺参数问题

生产实践表明,65Nb钢的热处理工艺参数,应根据模具的具体条件而定。

(1)65Nb钢的适宜淬火加热温度,为1080~1180°C。通常取1150~1170°C,加热时间应保证碳化物充分溶解,并均匀化,同时还不使晶粒过分长大。对变形量大,单位挤压力大的凸模应采取较高的温度加热淬火,以获得较高的抗压屈服强度;而对单位挤压力小,要求韧性更高的凹模可采用偏低些1080~1120°C加热淬火,以保证模具得到良好的综合性能。

(2)冷却:尺寸小形状简单而不易变形的模具,加热后在油中冷至200~300°C后出油空冷即可。形状复杂容易变形开裂的模具,可在400°C或200°C分级淬火,若在550~600°C分级淬火,则停留时间应短,否则将降低硬度和淬透性能。

(3)回火:回火温度可在520~600°C之间,通常采用540°C,保温60min(二次),若采用三次回火将引起硬度下降,对要求硬度较高,单位挤压力大的凸模,应在二次硬化峰处回火,并保证回火充分,以消除残留奥氏体对抗压屈服强度的不良影响。所以第二次回火应根据模具服役具体条件,选择不同的温度。生产实践表明,回火温度过高或过低都直接影响模具的综合性能。

(4)65Nb钢回火温度较高,可进行软氮化、离子氮化等表面强化处理,以增加模具表面的耐磨性,进一步提高其使用寿命。

3、65Nb钢可适用于形状较复杂的有色金属和黑色金属的冷挤压模,也可用于一般小件的锻模。

4、65Nb钢6.8元/公斤、Cr12MoV钢3元/公斤,从价格上看贵一倍多,但是从使用寿命来看,65Nb钢经济效益还是可以的,有推广价值。

表 6

65 Nb 钢的各种机械性能一览表

淬火温度 °C	机械性能 指标	回 火 温 度 °C										
		220	300	350	400	450	500	520	540	560	580	600
1080	H _{RC}	61.2	58.7	58.3	58.3	59.4	60.1	60.1	60.2	58.5	58.3	55.5
	σ _{0.2}	272.1			247.4				263.6			
	σ _{bb}	74.0	273		312		412	456	449	425		
	f	1.28	4.29		3.70		7.52	8.60	8.60	9.92		
	a _K	5.32	6.09		6.58		5.69	8.18	8.26			
1120	H _{RC}	60.8	59.3	59.3	59.0	59.9	61.4	62.3	62.2	60.4	60.5	58.0
	σ _{0.2}	275.5	239.8		239.0		233.8	257.7	267.0	269.5	281.5	233.8
	σ _{bb}	78.0	176	257	355	333	394	474	451	431	415	400
	f	0.8	1.68	2.82	5.65	4.25	4.90	7.86	7.97	9.31	7.88	10.25
	a _K	6.6	4.82	7.5	7.09	7.07	7.45	8.78	10.07	9.9	11.65	12.37
1160	H _{RC}	61.7	59.6	59.6	59.6	60.3	61.8	62.6	62.5	61.5	60.5	59.1
	σ _{0.2}	276.4			242.3				267.9			
	σ _{bb}	70.0	149	176.3	265.3	313.3	390	478.7	491.5	488	464.5	440
	f	0.75	1.36	1.50	2.76	3.37	4.74	5.83	6.04	9.28	13.14	10.08
	a _K	2.78			6.50	9.13	4.59	4.54	5.16	7.92	9.38	7.25
1180	H _{RC}	61.0	58.4		58.2				62.0		60.5	58.1
	σ _{0.2}	264.5	238.9		246.6				276.1		297.6	266.2
	σ _{bb}	75.0	171		273		395	452	469	487	482	392
	f	0.79	2.10		2.92		4.50	5.12	5.80	7.38	8.82	6.21
	a _K	2.25		4.41	4.79	5.81	4.63		2.67		5.04	5.08

表中符号:

σ_{0.2}—抗压屈服强度(公斤/mm²)σ_{bb}—抗弯强度(公斤/mm²)

参考资料

- 1、“高强韧性冷模具钢”华中工学院，大冶钢厂合编1979年8月
- 2、“高强度钢的研究”〈金属热处理〉刊物1982年

简 讯

五十万伏整流型成套线路

保护在董辽线上经受人工接地短路试验

我国第一套自行设计，自行研究制造的超高压输变电设备装备的五十万伏董辽线，于1983年10月22日从送电加压开始，进行全面系统调整试验，检查一次及二次设备性能及接线正确性。于1983年11月13日到11月16日进行带电抗器和不带电抗器补偿，瞬时性和永久性故障等5次不同相别的系统人工接地短路试验。许昌继电器研究所与东北电管局技术改进局、调度局，东北电力设计院联合研究设计，许昌继电器厂制造的整流型五十万伏成套线路保护，经过递升加压，多次（辽阳侧合81相次，分81相次，董家侧合90相次，分90相次）分别从二十二万伏和五十万伏侧带长线空载合切大容量变压器，拉合电抗器，5次人工接地短路试验，环并，分接头调压以及母线刀闸（单相7次，三相4次），电压互感器刀闸（单相4次）操作干扰过电压等项试验，动作均正确可靠，性能良好。

高频闭锁距离保护（主保护），在电容式电压互感器接在线路侧和母线侧两种情况下，整组动作速度达到22~28毫秒，出口短路的电流速断保护整组动作速度为15毫秒。两侧大的短路电流均在50到60毫秒切除。对一次永久性故障，重合到故障上，再次切除大故障电流的时间，由于断路器特性的差别，一侧仍为50到60毫秒，另一侧稍慢到100毫秒。在Ⅱ段保护时间整定为0.3秒的情况下，在严重的励磁涌流，大的直流分量，零序电流出现较大的四次谐波分量，持续时间超过0.4秒，整流型零序电流Ⅱ段保护没有误动作。高频闭锁距离保护在模拟通道衰减只剩0.3奈和对侧保护不发讯的严重情况下，作了较大电流（门口短路）区外正方向短路的试验，能够可靠地闭锁不误动作。这种保护在区内正方向，区外反方向，手动合闸到母线上短路（PT在线路侧）以及由零序电流辅助动作（相当接地阻抗继电器纵续动作）等项试验，均正确可靠地动作和闭锁。

操作刀闸过电压水平较低，对通道干扰过电压，带屏蔽电缆为500伏，200千周~625千周，无屏蔽电缆为7600伏到9200伏。对电流互感器二次干扰过电压为200伏。在这种干扰水平下，许昌继电器厂生产的晶体管式，采用降压电阻稳压方式的收发讯机和整流型保护没有出现任何异常现象。

实测整流型50万伏成套线路保护电流回路的功率消耗为PXH—27型距离保护屏