



# CH35ACR 冷墩钢热处理工艺特点

宁波东港紧固件有限公司 (浙江 315105) 张先鸣

## 1. 问题的提出

冷墩钢是在室温下利用金属塑性成型工艺生产的互换性较高的紧固件用钢。东港公司按照 GB3098.1—2000 标准生产的 8.8 级螺栓, 常规材料使用冷墩钢 ML35。对于该钢种, 当截面大小不同时, 由于淬透程度不同, 虽然采用同一调质工艺, 但其力学性能却不尽相同。截面越大, 淬透程度越差, 力学性能也越差。淬火并高温回火后, 表层与心部即使达到相近的硬度, 但它们的显微组织却不同, 表层为回火索氏体, 而心部仍是片状珠光体组织。沿截面的组织不均匀, 性能也就不均匀。

过去长期采用的 ML35 钢, 在使用过程中暴露出来的问题日益增多, 这主要是由于 ML35 钢化学成分造成的。对  $\geq M16$  的较大规格螺栓, 在含碳量偏少 (下限 0.32% ~ 0.33%) 时, 热处理中发现心部硬度较低, 以至影响屈强比, 抗拉强度难以达到  $\sigma_b \geq 830 \text{MPa}$ 。为此, 寻找一种新型冷墩钢, 是提升高强度紧固件品质的需要。

杭州钢铁集团公司研制开发了按 GB/T 14981—1994 标准生产的 CH35ACR 冷墩钢, 经过我公司的加工后, 在三条不同连续式网带渗碳炉中试用, 其性能等级可完全达到 GB 3098.1—2000 的国家标准要求。

## 2. 化学成分对比

同样, 对于 H13ESR 和 420 钢, 由于合金元素含量较高, 对渗氮速度有所影响, 但平均渗速仍可保持在 0.01mm/h 左右。表面获得高硬度的同时, 其脆性仍可保持 I 级水准。这对模具零件耐磨耐蚀性的要求十分有利。

目前, 该渗氮炉已经连续生产一年有余, 其渗氮质量稳定可靠, 结果重复性强, 工艺编程简便, 温度波动在 2℃ 以内, 氮势可控性稳定, 故障和各工艺参数 (温度、时间、 $H_2$ 、 $K_N$  值) 可随时在显示屏显示, 为现场的随时监控提供方便。

## 6. 结论

(1) 箱式 Hydronit 探头可控氮势气体渗氮炉

将 CH35ACR 钢与 ML35 钢对比, 在 Si、Mn 量方面有差异, 并添加了 Cr 元素, 如表 1 所示。

表 1 ML35、35 钢和 CH35ACR 钢化学成分 (质量分数) (%)

钢号	C	Si	Mn	P	S	Cr
ML35	0.32~0.38	$\leq 0.20$	0.3~0.6	$\leq 0.030$	$\leq 0.035$	
35	0.32~0.39	0.17~0.37	0.5~0.8	$\leq 0.035$	$\leq 0.035$	
CH35ACR	0.35~0.39	$\leq 0.10$	0.6~0.9	$\leq 0.030$	$\leq 0.030$	0.20~0.40
CH35ACR 实测值	0.37	0.08	0.70	0.013	0.017	0.29

CH35ACR 与 ML35 冷墩钢力学性能如表 2 所示。

表 2 CH35ACR 与 ML35 冷墩钢力学性能

钢号	抗拉强度 $\sigma_b / \text{MPa}$	断面收缩率 $\psi$ (%)	硬度 HRB
CH35ACR	$\geq 660$	$\geq 50$	$\leq 86$
ML35	$\leq 530$	$\geq 45$	$\leq 84$

## 3. 合金元素对热处理工艺的影响

(1) 硅元素的影响 硅是钢在冶炼时脱氧剂的残留物, 它能提高钢的淬透性。经验表明, 含硅量超过 0.17% 且含碳量较大时, 对钢的塑性的降低有很大影响。当钢中含硅量超过 0.15% 时, 使钢

通过厂商的调试和密封及冷却系统的改进后, 充分体现了该炉的先进性和可靠性, 其渗氮质量满足注塑模具等各类零件的质量要求。

(2) 采用 Hydronit 探头和 Nitro-prof 控制软件可准确实施氮势控制, 确保渗氮的高质量和稳定性。

(3) Hydronit 探头直接测量并通过 Nitro-prof 控制软件转换氮势, 灵敏度高, 反应速度快, 可随时对炉内气氛进行监控。

(4) 渗氮速度较快 (520℃ 时, 0.015mm/h; 600℃, 0.020mm/h), 硬度高, 无异常组织出现, 可满足模具的高质量渗氮要求。 (20030118)

中急剧形成非金属夹杂物，因此，冷锻钢总是尽量减少硅的含量。CH35ACR 钢含硅量小于 0.10%，这对防止在热处理时产生淬火开裂十分有利。

(2) 铬元素的影响 铬加入冷锻钢中的主要作用是提高其淬透性。这是由于 Cr 既能固溶于铁素体和奥氏体中，又能与钢中的 C 形成多种碳化物。Cr 固溶于奥氏体时，可提高钢的淬透性。当 Cr 与 C 形成复杂碳化物，并在钢中弥散析出时，可起到弥散强化作用。由于 Cr 提高淬透性和固溶强化的作用，能提高钢在热处理状态下的强度和硬度。

在回火时铬能阻碍马氏体分解，阻碍碳化物析出与聚集，并提高铁素体的再结晶温度，从而提高了钢的回火稳定性。表 3 是 CH35ACR 与 ML35、35 钢淬火并经高温回火后的硬度比较。在相同的高温回火后的硬度差比较大（硬度值相差 7~10HRC），这就反映出铬能提高回火稳定性。

表 3 CH35ACR 与 ML35、35 钢淬火经同样温度回火的硬度比较

回火温度/℃	硬 度 HRC		
	CH35ACR 钢	ML35 钢	35 钢
470	37~38	29~31	29~32
490	35~37	25~27	28~30
510	29~31	23~25	26~28
530	28~30	21~24	23~25

注：1. 淬火温度 860℃，淬火介质为快速淬火油。  
2. CH35ACR、35 钢试样直径为 10mm。  
3. ML35 钢试样直径为 8mm。

(3) 锰元素的影响 锰是炼钢时良好的脱氧剂，它还能削弱因硫引起的热脆性，因此，CH35ACR 钢中以锰作为常存（杂质）元素，加入量为 0.60%~0.90%。它一部分固溶于铁素体（或奥氏体），另一部分形成含 Mn 的合金渗碳体 (Fe, Mn)<sub>3</sub>C，可显著提高钢的淬透性。虽然在 CH35ACR 冷锻钢中铬和锰的加入量并不多，但由于它们同时存在，因此增大淬透性和力学性能的作用则更为明显。表 4 列出了淬透性变化的情况。

表 4 CH35ACR 和 ML35、35 钢的淬透性比较

钢号	50% 马氏体		95% 马氏体	
	$D_{50}/mm$	$D_{95}/mm$	$D_{50}/mm$	$D_{95}/mm$
CH35ACR	20~30	14~20	12~18	10~15
ML35	11~20	8~11	8~12	3.5~7
35	14~22	9.5~12	10~15	6~10

注： $D_{50}$ ——4%~5% AQ251 淬火介质，淬火温度 840℃。  
 $D_{95}$ ——快速淬火油，淬火温度 860℃。

#### 4. 热处理工艺

CH35ACR 钢淬火的工艺特点是在加热至奥氏体化后浸入适宜的淬火介质中以较快的速度冷却。淬火介质的选择首先应保证足够的冷却能力。冷锻钢的淬透性一般低于相同牌号的非冷锻钢，因此淬火介质的冷却能力应选用高一些的，还应考虑畸变和开裂。

东港公司三条连续式网带炉淬火介质选用两台为油炉，一台为水炉。为了减少  $L:d \geq 7$  规格螺栓的淬火变形，相应地利用淬火烈度预测油炉淬火后的硬度和组织。快速淬火油可处理  $\leq M12$  的螺栓，热处理工艺见图 1，这样可保证螺栓截面内外硬度一致，最小抗拉强度  $\geq 930MPa$ 。而水炉采用 4%~5% AQ251 处理， $\geq M14$  的螺栓，热处理工艺见图 2，最小抗拉强度  $\geq 950MPa$ 。

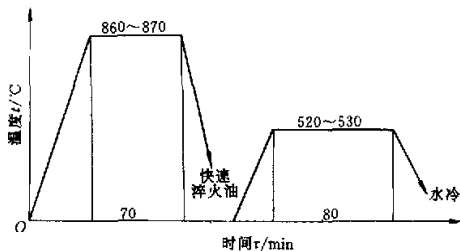


图 1 CH35ACR 钢  $\leq M12$  螺栓调质工艺

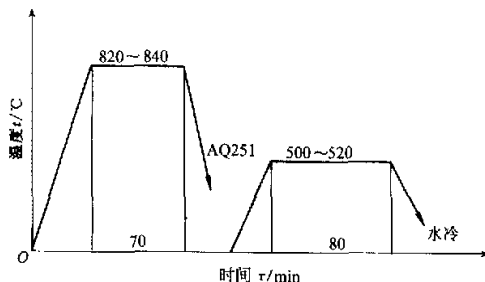


图 2 CH35ACR 钢  $\geq M14$  螺栓调质工艺

#### 5. 结语

CH35ACR 钢是较理想的冷锻钢之一，合理的热处理工艺使得高强度与高韧性达到合理匹配，使 8.8 级高强度螺栓可有效避免疲劳、断裂和磨损等早期失效。它具有生产质量稳定，一次性合格率高特点，为紧固件行业在选材方面提供了更广的范围。

(20030508)