

轮毂与车轮 用螺栓的选材

图、文 / 冯琴

随着中国汽车工业的快速发展，各种汽车生产越来越引人注目，尤其是乘用车（轿车）、轻型车更是如此。轮毂与车轮用螺栓，是汽车中一个攸关安全的零件，在汽车中要求具有载荷承受较大、尺寸精度较高、外观质量较好等特点。目前因市场需求量较大，愿轮毂与车轮用螺栓成为许多汽车紧固件生产企业的主要产品。为了提高生产效率，几乎都采用在多功能自动成型机一次冷镦成形，或再搭配后续车削、磨削等二次加工成形。

基于行车安全考量，轮毂与车轮用螺栓的材质，是获得良好产品的可靠保证，合理地选用材料可使产品成本具有市场核心竞争力。不论是装配生产还是二手市场，对汽车紧固件的需求量都在不断增加，只有采用冷镦方式进行大量生产，才能满足不断增长的市场需求。轮毂车轮螺栓的结构和技术要求，取决于汽车的外形、型号、机械性能和使用特性，最常用的轮毂车轮螺栓有以下三种：车轮双头螺栓+内外螺母、轮毂螺栓+环形螺母，以及轮毂车轮紧固螺栓。螺纹方面主要有M12×1.25、M14×1.5、M16×1.5、M18×1.5、M22×1.5等数种不同规格。常用的轮毂与车轮螺栓技术要求详见【表1】。

【表1】轮毂车轮螺栓技术要求

序号	零件号	名称	钢材牌号	机械性能	要求硬度/HRC	表面处理
1	104051	后轮毂螺栓	10B28	10.9级	33~38	镀锌
2	440106	固定螺栓	10B28	10.9级	32~39	磷化
3	030510	车轮螺栓	ML20MnTiB	10.9级	33~39	达克罗
4	440104	轮胎螺栓	10B28	10.9级	32~39	磷化
5	104052	车轮螺栓	ML20MnTiB	9.8级	28~35	镀锌
6	311052	轮毂螺栓	ML20MnTiB	9.8级	28~32	镀锌
7	031051	车轮螺栓	ML15MnVB	9.8级	28~34	磷化

轮毂车轮螺栓概述

轮毂车轮螺栓主要功能为克服轮胎与轮毂间的相对位移，避免螺栓承受弯曲、剪切载荷，必须设计足够高的预紧力，同时还要受到脉动载荷的作用，有时还会出现冲击载荷。因此，螺栓失效往往是过载拉伸或疲劳断裂。所以，轮毂车轮螺栓用钢必须有足够的抗拉强度，以抵抗拉长、拉断、滑扣和磨损；也需要较高的疲劳抗力和冲击韧度，以抵抗疲劳破坏、冲击断裂。同时，轮毂车轮螺栓系多缺口结构特征，必须应用于在高应力集中状态下，又由于制造精度、安装不当等因素，会产生偏斜拉伸的附加载荷。因此，轮毂车轮螺栓用钢也必须有足够的塑性、韧性，以减弱对偏斜、缺口应力集中和表面质量的敏感性。另外，轮毂车轮螺栓还可能在严寒地区和各种有腐蚀气氛的环境下服役，所以轮毂车轮螺栓用钢还应具有低韧脆转变特性和低延迟断裂敏感性，这样才能保证其工作安全可靠。在实际生产中，由于中小直径的螺栓往往采用冷镦成形六角螺栓头，并以搓丝和滚丝滚轧螺纹，等于要求螺栓用钢必须具有良好的加工特性。

轮毂车轮螺栓用钢的依据

轮毂车轮螺栓用钢的主要目的不外乎以下两点：一是保证钢材具有必要的淬透性，使零件在淬火后具有深度足够的麻田散铁层，并使麻田散铁保持细致的隐晶组织；二是在高温回火后零件获得所预期的综合力学性能，具有一定强度、良好的塑性、韧性和低缺口敏感性以及高抗弯强度，以免产生松弛现象。大量的试验资料和生产实践证明，紧固件的力学性能与调质后的金相组织有著密切关系，即紧固件在淬火时得到90%以上麻田散铁组织，高温回火后得到约90%回火索氏体、回火托氏体组织，这样才能具有优良的综合力学性能。

当紧固件的尺寸和热处理条件固定时，紧固件的淬火组织主要取决于钢的淬透性能，若淬透性足够时，紧固件淬火后整个截面上将会全部淬透，获得90%以上麻田散铁组织。钢材的淬透性较低时，紧固件淬火后在其截面上尤其心部将会出现肥粒铁、波来铁、托氏体或变

韧铁等非麻田散铁组织产物。在淬火组织中出现的麻田散铁组织多少，对回火後的力学性能有显著影响。

根据轮毂车轮螺栓的使用条件和有效截面尺寸来选择与之相匹配的材料，不仅对满足使用性能是重要的，而且对减少热处理变形也是十分必要的。低、中碳合金钢所使用的合金元素中，Cr、Mn、Si、B能有效提高钢的淬透性，故一般使用其中的一种或几种来提高钢的淬透性。Cr、Mo、Ti、V等元素不仅有利形成弥散碳化物、增加弥散强化的效果，且这些合金元素有利提高钢的强度、塑性和韧性。Mo元素还有一个特殊的作用，就是防止钢在调质高温回火後出现回火脆性。

轮毂车轮螺栓用钢

轮毂车轮螺栓材料的性能与热处理有著相互依存的关系，材料的性能取決於材料的内部金相组织结构，而内部金相组织又与钢材牌号有关。长期以来，绝大多数汽车紧固件企业都采用SCM435、ML40Cr、ML35CrMo和ML42CrMo钢制造轮毂车轮螺栓，由於其冷锻加工性能差，常常因开裂、掉头而产生大量废品。

a. 钢材的化学成分

采用ML15MnVB、ML20MnTiB、10B28等钢，可获得90%麻田散铁组织，其淬火态和430℃回火态的组织为典型的位元错板条麻田散铁加上板条相界残余沃斯田铁，以及回火析出的弥散碳化物，用以取代中碳合金钢调质处理，具有优良的综合机械性能，既具有较高的强度又有良好的韧性和较低的冷脆转变特性。ML15MnVB、ML20MnTiB、10B28钢的化学成分请见下【表2】。

【表2】 ML15MnVB、ML20MnTiB、10B28钢的化学成分（质量分数W%）

钢材牌号	C	Si	Mn	P	S	B	其他
ML15MnVB	0.13~0.18	<0.30	1.20~1.60	<0.0035	<0.0035	0.0005~0.0035	V 0.07~0.12
ML20MnTiB	0.19~0.24	<0.30	1.30~1.60	<0.0035	<0.0035	0.0005~0.0035	Ti 0.04~0.10
10B28	0.25~0.32	<0.40	0.60~0.90	<0.0035	<0.0035	0.0005~0.0035	

硼作为合金元素加入冷锻钢中的量只有0.0005~0.0035%，微量的硼主要作用是增加淬透性，0.001~0.003%的硼，其作用分别相当於加入0.60%Mn、0.70%Cr、0.15%Mo和1.5%Ni的效果，从而可代替较稀有、较贵重的合金元素。经生产实践证明，采用ML15MnVB、ML20MnTiB、10B28等钢，可使螺栓的加工性能获得显著改善；热轧线材可以直接抽线和冷锻加工，不需要预先球化退火处理，节省了轮毂车轮螺栓的制造成本，且抽线模具、冷锻模具、搓丝板、滚丝轮等不易损坏，可使模具寿命提高20%~30%。

b. 钢材的冷锻性能

以10B28钢为例，冷锻钢热轧状态为肥粒铁+波来铁组织，表面硬度为78~95HRB，塑性较好。经740~760℃软化退火後，肥粒铁转变为典型的球化体组织，塑性进一步提高，极易抽线加工和冷锻成型制作螺栓（变形率80~85%）不开裂。SCM435、ML40Cr、ML35CrMo和ML42CrMo钢成品线材於实际生产螺，往往由於其冶金水平等因素，有1~5%在冷锻成型时开裂或掉头。低碳ML15MnVB、ML20MnTiB、10B28合金钢在冶炼过程中采用大量先进技术，不仅增加铁水预处理、有效地降低了S、P、N等有害元素和夹杂物含量（S、P含量小於0.020%），且连铸时采全程保护浇注、电磁搅拌等新技术防止钢水二次氧化，使表面质量和消除中心疏松等方面均有显著效果。尤其安装即时红外线动态外径检测仪和磁涡流监测装置，对线材外径尺寸和表面质量加以监控，有效保证冷锻钢的质量，螺栓在冷锻成型时几乎无裂纹现象发生，产品加工制程如下：

线材冷抽→冷锻成型→滚花→滚螺纹→热处理→表面处理→除氢→成品包装

轮毂车轮螺栓冷锻坯料尺寸的选择是否合理，直接关系到轮毂车轮螺栓能否成型，以及冷锻成型後的毛坯能否直接满足滚花和螺纹坯径的尺寸要求。

c. 热处理工艺优化

从长期生产实践来看,不论中碳钢、中碳合金钢或低碳合金钢,增加硬度只能显著提高螺栓的抗拉强度,轮毂车轮螺栓这样应力集中较高的零件,应力集中的不利影响大于增加硬度而提高螺栓强度的有利效果,因此改变硬度不能起到改善螺栓强度的作用。从试验可以看出,轮毂车轮螺栓的机械性能不但取决于热处理技术和金相组织,更重要的是应具有良好的化学成分配合,而化学成分中首先在保证钢中的碳含量必须在0.22~0.24%以上,才能有效提高最大淬硬性,以增加有效的淬透性,也只有在这种条件下,才能获得满意的金相组织和机械性能。采用优选法选择ML15MnVB、ML20MnTiB、10B28等钢轮毂车轮螺栓最佳热处理技术、使用设备为台湾三永公司SY~850~6连续式网带炉,将碳势设定于0.24~0.28%,热处理技术参数请见下【表3】,轮毂车轮螺栓检测结果则请参见下【表4】。

总之,ML15MnVB、ML20MnTiB、10B28等钢的应用取得了良好的效果,尤其是在冷镦性能上是中碳合金钢无法比拟的,综合机械性能及脱碳倾向均比中碳合金钢具有明显的优越性,有很大的应用前景。

参考文献

- 1.付作平浅谈高强度冷镦螺栓的选材[J].紧固件技术,2003(1):31~32.
- 2.冯琴高强度螺栓钢材选用探讨[J].紧固件技术,2003(1):33~35.
- 3.冯琴高强度螺栓冷镦钢的开发和应用[J].中国螺丝与线材,2008(23)6月号:P126~130.
- 4.张先鸣 碳硼钢车轮紧固件的热处理[J].螺丝世界,2010(29)6月号:P182~184.

【表3】 轮毂车轮螺栓 热处理技术

钢材牌号	淬火温度 / °C (±5°C)				淬火时间 / min	淬火介质	回火温度 / °C (±10°C)			回火时间 / min
	一区	二区	三区	四区			一区	二区	三区	
ML15MnVB	(9.8级)	920	930	930	75	水溶液	450	460	460	90
ML20MnTiB	(10.9级)	870	880	880	80	水溶液	420	430	430	90
ML20MnTiB	(9.8级)	880	890	890	80	水溶液	460	470	470	90
10B28	(10.9级)	860	870	870	90	水溶液	430	440	440	105

【表4】 轮毂车轮螺栓检测结果

序号	名称	抗拉强度Rm / MPa	规定非比例延伸强度RP0.2 / MPa	伸长率A / %	面缩率Z / %	硬度 / HRC	冲击强度 ~ 20°C / KV2
1	后轮毂螺栓	1050~1140	975~1045	50.0~55.5	10.0~15.5	35.0~37.0	28.5~40.0
2	固定螺栓	1075~1135	980~1060	49.5~54.0	10.0~14.5	35.5~37.0	30.0~48.5
3	车轮螺栓	1055~1120	960~1065	50.5~53.0	12.0~16.0	34.5~36.5	/
4	轮胎螺栓	1080~1150	990~1055	49~55.0	10.5~14.0	35.0~37.5	31.5~50.0
5	车轮螺栓	930~1015	820~925	53.0~57.5	14.0~18.0	30.0~33.5	/
6	轮毂螺栓	970~1045	840~955	52.0~56.0	13.5~19.0	29.5~31.5	/
7	车轮螺栓	930~1050	840~960	53.0~54.5	14.0~18.5	28.0~32.5	/