



「紧固件材料和热处理」 技术热点 20 问

此为笔者根据技术研讨班上学员的提问，总结以下内容，供业内同行参考。

文/张先鸣

一、材料

1 什么是添加元素的钢，为什么容易淬火开裂？

在GB/T 3098.1-2010标准中对8.8级~10.9级的螺栓使用的材料有明确规定，对于需要热处理的高强度螺栓钢硫和磷的最大含量极限，从0.035%降到0.025%，其中有「添加元素的碳钢（如硼或锰或铬）」一类，并代替原标准规定的「低碳合金钢」。据悉，此类钢材采用「废钢」作原料、电炉冶炼，往往残余合金元素过多，控制非常困难，特别是一些难于在冶炼中去除的杂质元素，造成无法保证最终产品质量。

一般指的是45#、40Cr钢，此类钢在我国的使用年限较长。特别是S、P的含量都在0.025%~0.035%，还有其他的杂质Cu铜、Pb铅、Sn锡、Se硒，当钢中有害元素P、S增加时，低倍组织检测的中心疏松、一般疏松、方形偏析的级别都在2~3级，白点、缩孔、气泡、翻皮等缺陷也可见存在。由于价格较低，不少紧固件企业还很喜欢用。在螺栓调质时常有淬火裂纹的事故，主要是杂质元素和非金属夹杂物较多引起，在热处理时采取任何措施都不可避免开裂。对于重要的产品，建议一般不用或少用45#、40Cr钢。

2 目前市场上，20MnTiB、ML20MnTiB硼钢可制造10.9级高强度螺栓，但是进行再回火试验后，机械性能下降的原因？

螺栓在紧固件中使用量最多，制造的材料主要有钢、不锈钢、钛合金和有色金属等。目前除少量的大规格采用温镦（温挤压），切削加工制造外，大多数选择冷镦（冷挤压）成型工艺制造。螺栓最终的力学性能由制造紧固件的材料品质所决定，而20MnTiB和ML20MnTiB含碳量下限均低于0.20%，不能满足标准对材料的要求；20MnTiB钢螺栓强度 $\geq 1040\text{MPa}$ 、硬度在32~39HRC的要求时，是靠降低回火温度达到的，当采用425℃再回火温度试验后硬度和强度下降，不能满足标准中的最低回火温度的性能要求。生产实践可以看出，螺栓的优良综合机械性能，不但取决于热处理工艺和金相组织，更重要的是应具有良好的化学成分匹配。

20MnTiB和ML20MnTiB钢首先应保证，碳含量在0.22%~0.24%以上，才能最大限度地提高淬透性，淬火后的硬度 $\geq 45\sim 47\text{HRC}$ ，以达到有效的淬硬层深度，才能满足标准中的最低回火温度425℃的要求。

3 美制内六角盘头螺钉1/4-20×1/2，材料：SCM435，机械性能12.9级，要求扭矩20N·m，热处理后扭矩只有17~18N·m，是什么原因造成的？

这个问题很关键。SCM435钢含碳量取中下限的话，这个问题解决不了，SCM435钢其含碳量提高到中上限或采用42CrMoA、SCM440钢后，这个问题就好解决了。因此，所有的钢材都应根据螺栓等级选择合适的含碳量，钢中的碳量发生变化，淬火温度就会变化，不仅抗拉强度、硬度会变化，而且扭矩也会变化。另外，重新调质热处理也可满足技术要求。

4 用马氏体型不锈钢30Cr13旧牌号3Cr13制成封闭圆环弹簧片，厚度0.75mm，硬度要求39~43HRC，弹性试验要求室温回弹10次以上。目前的工艺能满足硬度要求，但弹性合格率只有30%左右。在不改变材料的前提下，如何保证产品的弹性？

这涉及一个成分的问题，我们搞热处理的如果不把成分放在第一位那是搞不好的。可以采用含碳量 $\geq 0.32\%\sim 0.35\%$



的钢材，带状组织偏析应控制在2级以下，其中控制非金属夹杂物的等级，如硫化物类、氧化铝类、球状氧化物类均不大于1.5级（包括粗、细系）。若弹性不够，可以考虑增加一道300~310℃再回火工序，然后快冷。

5 汽车上用的不锈钢焊接螺母是采用哪种奥氏体不锈钢牌号？

奥氏体不锈钢具有良好的一般抗蚀性，在许多介质中具有优良的耐全面腐蚀性能，但对晶间腐蚀和应力腐蚀开裂较敏感。任何热处理工艺都不会使其硬化；但由于N含量的增加或冷成型强化，可使钢的力学性能有所提高。奥氏体型钢具有良好的可焊性，也有较高的低温冲击韧度，还有防止脆性的高安全性。

12Cr18Ni9(SUS302)旧牌号1Cr18Ni9。一般用途的标准18-8型CrNi不锈钢，耐腐蚀性优于同类的12Cr17Ni7（SUS301）钢，冷加工后能使抗拉强度有很大提高，但伸长率不如12Cr17Ni7，用于通用的耐蚀螺栓，需机加工的焊接螺母、自攻螺钉。Y12Cr18Ni9(SUS303)旧牌号Y1Cr18Ni9。在18-8型奥氏体型不锈钢的基础上提高含S量以提高切削加工性能，可添加Mo和Zr元素，适于批量切削加工紧固件，尤其是采用棒材加工螺母时。022Cr19Ni10（SUS304L）旧牌号00Cr19Ni10。除强度稍低外，其他性能与06Cr19Ni10(SUS304)相同，主要用于需焊接且焊接后又不进行固溶处理的螺母。

6 未来汽车朝轻量化、节能化、安全环保的方向发展。在组装不可获缺的螺纹连接上，追求更高设计应力，轻量化的要求，更加合理的紧固技术。为了减小高强度紧固件延迟断裂的危险，采用何种不锈钢制造发动机螺栓？

一般采用沉淀硬化不锈钢，也称时效硬化钢，基体为奥氏体或马氏体组织，并能通过沉淀硬化处理使其硬（强）化的不锈钢。这类钢除具有高抗腐蚀性，并兼具高强度性能；其耐腐蚀性不但与成分有关，且与热处理密切相关，微细相的析出、时效反应，对耐蚀性能都是有害的。钢的高强度是因为最终在较低温度下热处理时，从马氏体相中析出金属间化合物的结果，另因这类钢的高强度特点，使用时也可能发生氢脆和应力腐蚀。

05Cr17Ni4Cu4Nb（SUS630）旧牌号0Cr17Ni4Cu4Nb。常用的沉淀硬化不锈钢，它同时具有马氏体不锈钢的高强度和奥氏体不锈钢的耐腐蚀性能，综合性能良好，在315℃仍有高强度和耐腐蚀性，用于既要求强度高，又要求耐腐蚀性好的汽车螺栓。

07Cr17Ni7Al（SUS631）旧牌号0Cr17Ni7Al。可塑性好，易硬化，在较高温度仍有高的强度和耐腐蚀性，特别是冷、热变形性能优良，热处理强化效果显著，适于变型成形的高强度、耐腐蚀汽车螺栓。

07Cr15Ni7Mo2Al（SUS632）旧牌号0Cr15Ni7Mo2Al。在07Cr17Ni7Al（SUS631）的基础上加入合金元素钼，以保证热处理时得到更高的强度。

06Cr15Ni25Ti2MoAlVB（SUS660）旧牌号0Cr15Ni25Ti2MoAlVB。铁-镍基合金，它在高温下同时具有高的强度和好的耐腐蚀性，切削加工性能和热加工性能良好，可使用到650~700℃，用于耐热、耐腐蚀性的受力汽车发动机螺栓。

另外，马氏体型不锈钢是指具有较好的热稳定性和热强性的钢，如42Cr9Si2和40Cr10Si2Mo钢。在高温下具有较高的强度，又称马氏体型耐热钢。GB/T 1221-2007《耐热钢棒》标准中指的42Cr9Si2旧牌号4Cr9Si2和40Cr10Si2Mo旧牌号4Cr10Si2Mo钢是发动机上重要螺栓材料，工作时要承受较高的机械负荷和热负荷。

小结：

随着冷镦技术的发展，对冷镦钢的需求明显增加。由于冷镦紧固件设备大部分为多工位元冷镦机，其冷镦水平相对较为稳定，对紧固件品质的影响并不很大，而主要影响因素在于冷镦钢的质量，其本身或固有的质量缺陷直接影响到紧固件的最终品质水平。目前，大多数紧固件企业对冷镦钢都有严格的要求，并通过各种途径和资讯寻求最能适应冷镦工艺的钢种，生产高强度紧固件的关键点一是材料，二是热处理，无论哪一点有问题，都将导致高强度紧固件的性能失效。尤其是对冷镦汽车高强度螺栓而言，其选用材料方面更为严格，而大陆汽车紧固件用冷镦线材的开发研究，还处于相对落后的状态。

在生产实践中，对使用量大的碳钢或合金钢、不锈钢高强度螺栓材料标准的修订越来越重要，也越来越紧迫。材料中S、P含量问题、脱碳层、非金属夹杂物和酸浸低倍组织等进行探讨，还有对紧固件实物质量中的碳硼钢制造品质问题提出建议。研究和开发符合大陆资源情况的质优价廉的高强度冷镦钢，对其紧固件行业在国际市场竞争中取得优势具有重要的作用。



二、热处理

7 如何选用材料，SWRCH22A、10B21钢能生产高强度螺栓吗？钢材热处理工艺？

SWRCH22A、10B21钢都是引进的钢号，没有完整的热处理资料。根据发表的文献，此两类钢的过冷奥氏体的连续冷却转变曲线（CCT图），SWRCH22A钢的临界点温度为：Ac₃=854℃，Ar₃=818℃，Ac₁=742℃，Ar₁=717℃，Ms=458℃；10B21钢的临界点温度为：Ac₃=841℃，Ar₃=783℃，Ac₁=740℃，Ar₁=718℃，Ms=416℃。

SWRCH22A、10B21两种钢Ac₃温度分别为854℃和841℃，其含碳量在0.18%~0.23%，为亚共析钢。在热处理工艺中，亚共析钢的淬火加热温度为Ac₃以上30~50℃，淬火温度前者为880~910℃，后者为870~900℃，冷却介质为水溶液。SWRCH22A钢的淬透性比10B21钢差，只要含碳量≥0.20%，前者可以生产M12以下的8.8级螺栓，后者生产M20以下的9.8级螺栓。

8 在GB/T3098.1-2010标准中对8.8、9.8、10.9和12.9/12.9五个性能等级螺栓，要求“螺纹截面的芯部在淬火后、回火前获得约90%的马氏体组织”。什么是马氏体？有何影响？

将螺栓加热到钢的临界点以上，奥氏体均匀化后，当奥氏体快速过冷到Ms点以下温度时，将发生马氏体转变，形成马氏体。这种操作在热处理上称为淬火。马氏体是碳在α-Fe中的过饱和固溶体，它是淬火的基本组织。淬火可以大幅度地提高螺栓的强度、硬度，而降低塑性、韧性，这与淬火得到的马氏体组织密切相关。螺栓用钢淬火后的组织一般为板条状马氏体（含碳量≤0.30%）和板条状、针状马氏体（含碳量0.30%~0.60%）共存组织为主。影响马氏体转变的主要因素有化学成分、奥氏体化温度、形变和压力、淬火冷却速度等。

螺栓钢碳的质量分数越高，马氏体硬度越高，当超过0.60%时硬度升高趋缓。对于整个截面受力的螺栓淬火后，体积分数要求获得约90%的马氏体组织，表明试样临界直径全部淬透，淬透程度越高，调质后屈强比也越大。屈强比的增大意味着能达到所需要的机械性能，否则就是没淬透，淬透程度越差，机械性能也越差，将影响最终质量。

9 10.9级高强螺栓为什么要驱氢？10.9级钢结构和风电螺栓要驱氢吗？

研究表明，实际使用的紧固件在自然环境下发生氢脆断裂主要是淬火回火的马氏体钢，发生在屈服强度>620 MPa，硬度值>31HRC的高强度材料。抗拉强度越高，对氢脆越敏感，材料越容易吸氢，而驱氢越不容易。一般认为，当强度达到1050 MPa以上才会发生氢脆断裂。GB/T 5267.1《紧固件电镀层》规定，当芯部或表面硬度值>320HV时，应通过实验对氢脆进行检验，并进行驱氢处理。也就是说，性能等级10.9级及以上的电镀螺栓，都应该采用低氢工艺并进行驱氢。从国外资料显示，汽车紧固件发生氢脆断裂的强度阈值可能会下降到1000 MPa。

高强度螺栓发生氢脆断裂的影响因素主要有以下几个方面：①强度；②氢含量；③应力集中；④应变速率。这几个影响因素中，强度和氢含量是最关键的两个因素。

其一、螺栓材料的强度越高，氢脆敏感性越大。这是因为，金属晶体结构中位错、晶界、沉淀相等氢积聚点多，在酸洗、电镀过程中螺栓吸氢的能力强，基体内应力较大；同时，氢脆断裂的临界应力极限氢脆随着材料强度的升高而急剧下降。钢制螺栓因强度过高导致氢脆断裂失效，有时与设计过分强调强度、硬度指标有关。如有些材料设计10.9级，为避开回火温度第1类回火脆性区域，将硬度改为33~35HRC，结果回火温度在430~440℃或450℃，使得螺栓的氢脆敏感性降低，有效地预防了氢脆断裂的发生。

其二、钢制螺栓发生氢脆失效通常也与不合适的热处理有关。由于钢的强度水平与钢的微观组织有着密切关系。因而，在一定强度水平下，钢的氢脆断裂敏感性总是与某种特定的组织相联系。在各种不同的显微组织中，对氢脆敏感性从大到小的一般顺序为马氏体、上贝氏体（粗大贝氏体）、下贝氏体（细贝氏体）、索氏体、珠光体、奥氏体。

回火马氏体对氢脆的敏感性最强，因此在热处理时可通过调整热处理工艺，减少回火马氏体组织的生成。比如采用等温淬火就会使发生氢脆断裂的阈值提高100 MPa左右，这是因为等温淬火生成的下贝氏体组织对氢脆的敏感性比回火马氏体低。

其三、淬火螺栓在250~400℃的温度范围回火时，其氢脆敏感性急剧恶化。文献资料指出，这是由于低温回火脆性与氢脆现象迭加的结果。研究表明，回火脆化对氢致脆性断裂起着明显的促进作用，回火脆化程度较小，回火脆化和氢脆为线性相加；回火脆化程度较大，回火脆化将大大加剧氢脆程度。也就是说，回火脆化将降低材料发生氢脆断裂



的临界氢含量值。如40Cr钢10.9级螺钉在氢含量质量分数仅0.0003%条件下发生氢脆断裂，而根据实践的经验，SCM435、SWRCH45K钢螺栓氢含量质量分数在0.0010%~0.0015%以上时，才有发生氢脆断裂的可能性。对失效螺栓分析认为：在较低的氢含量下发生氢脆断裂，其主要原因是由于螺钉存在中等程度的回火脆化。

10.9级钢结构和风电螺栓一般采用达克罗涂复或磷皂化，基本上没有酸洗吸氢过程，可以不驱氢。

10 高强度螺栓为什么要去磷？

近年来研究发现在热处理过程中，钢表面的磷化膜可使磷渗透，最终导致钢的性能降低。现今，氢致延迟断裂现象制约着高强度冷墩螺栓的发展。当钢中的氢含量超过临界值时就会出现断裂，临界值随着钢的强度增加而等比例下降。钢制螺栓表面处理也可以导致热处理过程中渗磷，从而引起钢铁螺栓性能降低，在热处理前必须进行去除磷化膜处理。

11 回火不正确为什么会导导致螺栓力学性能下降，或早期失效、缩短正常使用寿命等？

当回火一个螺栓时，往往把重点放在一个单一参数上，即以硬度作为回火操作成功或失败的唯一标准，由于淬火硬化的显微组织主要是马氏体，约占螺栓体积的约90%，极不稳定并为应变诱导状态，因此，回火是修改这淬火显微组织朝向的比较平衡的步骤。但一些企业为保证螺栓的硬度和强度，往往是通过降低回火温度来实现的。如汽车紧固件，标准GB/T 3098.1-2010中对螺栓、螺钉和螺柱的检测指标中，成品的机械性能与回火有密切关系，其中显微组织变数有4个环节：即回火温度、回火保温时间、回火冷却速度以及钢的化学成分。通过回火改变螺栓的显微组织，通常会增加断后伸长率和冲击韧性，减少硬度和强度（抗拉强度和屈服强度）；回火会导致塑性、冲击韧性增加，并提高尺寸稳定性。这样可避免早期失效。

12 低碳钢或低合金钢制自攻螺钉、自攻自钻自螺钉（简称螺钉）表面渗碳硬化后硬度达到 $\geq 530\text{HV}0.3$ 后，作自攻试验时螺纹容易磨损，且扭矩达不到要求，是什么原因？

螺钉渗碳的特性首先取决于它的表面到心部碳的分布。一般的渗碳工艺来说，表面的含碳量在0.65%~1.00%C的范围内，最佳表面含碳量约为0.80%C，淬火后最小表面硬度750HV0.3。网带炉的碳势波动很大或装炉量过大、螺钉表面污染、清洗不够都会引起表面的碳浓度不足，淬火后表面硬度低于750HV0.3，螺钉表面的碳浓度并没有达到技术要求，在热处理时是通过降低回火温度来达到硬度要求的，故螺纹容易磨损。

应注意的是工件未清洗所带入的油气对炉内气氛影响明显，若不清洗干净则直接影响炉内气氛和控制精度，还要观察网带上是否有残留黄色份末，如有应认真对待处理螺钉的清洗工作。在检查网带炉设备具备渗碳能力的条件下，淬火后检测表面硬度大于750HV0.3，才能满足渗碳直接淬火，推荐的最低回火温度为330℃，不低于320~350℃回火工艺。

13 马氏体不锈钢 410F、416和420J2可以热处理强化吗？材质热处理工艺？

此类钢属于Cr系列钢无Ni含量，常态之下有磁性。通常采用真空光亮热处理，淬火后410（12Cr13）、416（Y12Cr13）钢硬度在40~45HRC，机加工性能良好，用于一般用途的耐热耐腐蚀紧固件。416钢含硫量稍高，是易切削不锈钢。淬火后420（30Cr13）钢，最大硬度值55~58HRC，含硫量 $\leq 0.15\%$ ，用于要求较高强度的紧固件。

两种材料含碳量有差异，若是生产不锈钢自攻钉，真空热处理加热温度，前者1020~1040℃，回火200~220℃；后者1020~1050℃，回火360~400℃。表面硬度控制在 $\geq 400\sim 450\text{HV}0.3$ 即可，如太高容易断裂，而且热处理后也有弱磁性。

小结：

随着紧固件热处理技术的发展，一般企业都使用连续式网带加热炉，炉子的加热温度、运行时间、紧固件在炉内的厚度，淬火介质温度，回火时间、回火温度以及提升的速度都对紧固件的调质效果产生很大的影响，为了得到不同强度级别的紧固件，应当及时调整热处理工艺参数。在保证紧固件能够充分奥氏体化的基础上，准确调整回火温度，得到需要的回火索氏体或回火托氏体组织，最终获得不同性能的合格产品。

材料的选用是保证质量的基础。热处理技术的控制水平，是紧固件企业品质控制水平的主要特征之一，对高强度螺栓尤其是它的内在质量至关重要。



三、淬火介质

14 请问合金钢能直接水淬吗？淬火介质如何选用？

水淬实际上采用水溶液，使用PAG淬火液「以水代油」和实现强烈淬火控制技术，已得到紧固件企业热处理同行的认可，应用聚合物淬火水溶液（以下简称为PAG）替代矿物油为基的快速淬火油类等。这取决于螺栓的直径和材料牌号。一般40Cr、35CrMo、SCM435钢直径在30mm以上；42CrMo、40CrMnMo、B7钢在48mm以上，应该没有问题，但必须注意浓度的比例。PAG浓度为12±1%或以上，使用温度一般控制在30~45℃之间，根据钢种和工艺需要选择不同的淬火液温度。

水的分子结构是H₂O，其中O带负电，H带正电。当众多水分子聚集在一起时，O和其他分子的H之间相互吸引，形成分子键，也就是氢键。水淬火过程中，随着水温的升高，氢键大幅减少。水的蒸发加快，因此一般水的使用温度不能超过40℃，最高不超过45℃，否则容易出现软点。PAG的逆溶性也与氢键有关，PAG是聚氧乙烯聚合物，存在极性，低温时与水形成氢键，溶于水。温度升高后，氢键断裂，PAG从水中析出。因此，使用PAG时，水温最好不要超过45℃，否则可能出现蒸汽膜时间长、软点等问题。

15 为什么PAG「开始好用，用久了无法控制浓度而引起开裂或淬不硬」等？

这主要是介质污染变质，冷却特性曲线发生急剧变化，尤其是低温区的冷却速度升高，导致相同加热条件下工件的变形、开裂严重，且淬火后的硬度明显提高或不足。

PAG的变化有时很怪的，不是一个线性过程。不管哪种品牌介质，经常性突然出现一批废品，当然，废品出现可能还存在其他原因，但淬火介质出现问题的可能性是非常高的。因此，加强对PAG的日常监控是首要一环，严格管理对保证淬火紧固件的品质极为重要。首先要确定定期检测，如每周测一次冷却特性值，感觉PAG有异常时应加紧测试。PAG是水基有机介质，均会跟细菌发生作用。各PAG厂家的原料都大同小异，主要是树脂，差别在于里面的防腐剂、灭菌剂。PAG的杀菌周期与生产的品种、生产频率和日常管理有关，高档高精度的螺栓周期就短。越是好的东西，管理也越严格。

判断是否有细菌滋生有两个办法：一是测PH，此办法简单易行。细菌滋生一般会使PH值下降。如果PH值较高，基本可以不用担心细菌问题；反过来说，如果PH值较低，细菌比较容易滋生。这也有一个误区，有些厂一旦发现PH值降低，就设法调整PH值，结果发现提不高，这时候很可能是细菌滋生的问题，不杀菌也就调整不好PH值。值得注意的是，如果PH值在9以上，PAG不会有细菌滋生的问题。PAG的颜色和细菌并没有直接关系，可以用测菌片，其测量面一般是一面细菌，另一面是真菌，对比一下即可知。

16 PAG淬火能力强，怎样避免淬火开裂呢？

选择PAG，冷却能力强，一般采用钢材的下限淬火加热温度；选择快速淬火油，冷却能力弱的介质，可提高淬火温度。如SWRCH35K钢M12螺栓用PAG淬火用800~820℃，用快速淬火油淬火可用850~870℃。

以前大量的生产研究主要是在淬火介质无搅拌状态下进行的，而实际淬火过程中几乎所有的溶液都是在搅拌状态下工作的，由于各钢种化学成分的不一致，各钢厂的成分控制不一致，在批量生产前，必须进行样件试生产，再调整生产工艺，以减少工件变形，避免淬火裂纹，提高硬度均匀性。

为了减少淬火变形和淬火开裂的可能性，最好的办法是凭冷却特性来控制浓度。使用PAG的目的是把它作为水的添加剂加入水中来调节其冷却特性。因此，热处理生产中要求控制的也应当是淬火介质的冷却特性。实践证明：一是凭经验从紧固件的淬火效果来调整浓度；二是用冷却特性仪来控制浓度。

凭经验调整浓度的做法时是对螺栓的淬火态硬度作记录，做成图表，用来观察同类螺栓的硬度变化趋势。当发现螺栓的淬火硬度连续偏高到一定程度时，及时采取升高浓度等办法来降低实际的冷却速度，就可以防止出现淬火开裂。而当发现螺栓的硬度连续一段时偏低或硬度高低不均，以及有较大变形时，可以考虑降低淬火介质浓度来增大冷却速度。经验法需要经验和严格的管理，需要责任心，但很有效，很可靠，适合由工程技术人员来做。

用冷却特性仪来控制浓度，购买一台携带型冷却介质性能检测仪，具体的做法是定期测量淬火介质的冷却特性，主要凭其300℃冷速来确定溶液的有效浓度，再用折光仪对照按比例来控制浓度。



17 考虑到自攻螺钉的心部硬度270~390HV，选用了高速淬火油，心部硬度满足了要求，但碳黑严重，不好清洗电镀，如何解决？

高速淬火油使用温度在70~90℃，特征是抗氧化剂含量高、有较高的热稳定性、粘度较高。高速淬火油的运动粘度为25~30mm²/S以上，而普通机械油的运动粘度为20mm²/S以下，所以说高速淬火油的粘度较高，螺钉淬火后容易有碳黑，如果网带炉可控气氛控制不好，碳黑堆积工件或进入油品，对品质有较大影响，油品过滤可能都成问题。

建议采用普通淬火油，加强淬火油的回圈对提高冷速和保持油温均匀，破除淬火过程中的蒸汽膜很重要，搅拌速度增大，蒸汽膜冷却阶段缩短，最大冷速增大，而且更重要的是对流冷却阶段的冷却也增大。

解决心部硬度主要靠钢材的选用。如1018、1022或SWRCH22A、10B21钢等。根据热处理产量多少，每半年清理油槽一次，过滤油污，清除槽底的残渣杂物，及时补充新油；每月或每三个月对每个油槽都应取油样检测一次，以监测油质变化情况，当检测的指标超过规定标准而无法调整改善时，每一年或一年半必须整槽更换新油。

小结：

日本热处理专家大和重雄曾提出「热处理就是加热和冷却的加工过程，以两者的重要性而论，加热只占二成，冷却则占八成，这就是热处理的二八规则」。冷却是紧固件热处理生产中非常重要的一个环节，淬火介质是关键因素。应用PAG替代矿物油为基础油的油类淬火介质等，是热点问题之一。目前紧固件行业选用的中碳结构钢量大，该钢的马氏体转变(M_s)点都在300℃附近，故采用PAG都能满足技术要求，使用量较多的PAG的品种有UCON A、UCON E、AQ 251、AQ364、AR~A、JY820等等。

最后还有两点体会和大家分享一下。

- 1 水与油的冷却差距是比较大的，水的沸点是100℃，油的沸点是350℃。在100~350℃水是沸腾阶段，冷却速度很快；油还处于对流阶段，所以当把油换成PAG时，一定要注意做好细节工作。根据现场情况，选择合适的聚合物种类或PAG品牌，调整好浓度、搅拌速度和温度，这样才能保证淬火紧固件质量。
- 2 PAG与油不一样，凡是有水的地方，就有生菌的问题，变数较大，一定要建立严格的检测制度。

四、检查

18 在GB/T3098.1-2010标准中对5.6、8.8、9.8、10.9和12.9/12.9六个等级规定了冲击韧度（冲击吸收能量）(K_{v2})检测专案，「除12.9/12.9级值为在调查研究中」外，其余四个等级的最小吸收能量值均为27J。「数值在-20℃的试验温度下测得」并且仅「适用于d ≥ 16 mm」，也就是说冲击吸收能量(K_{v2})是低温冲击试验，而与常温下的试验数值相差较大。为什么要规定进行低温冲击试验？

在GB/T 3098.1-2010标准中规定，冲击试验是在-20℃得到的冲击吸收能量资料，也就是试验要在-20℃的情况下进行，检测紧固件材料的韧性。

国内外通用的冲击试验方法主要有摆锤冲击试验。在GB/T 229-2007《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》附录D中，讲到冲击吸收能量—温度曲线(K-T曲线)和转变温度。在室温以上试验时，材料的冲击吸收能量比较高。从K-T曲线看，吸收能量有一个转变温度，在这个温度下冲击吸收能量急剧下降。由于冲击试验的脆性转化温度就在室温附近（室温以下-20℃~40℃）。为此，在-20℃进行试验，就可以准确测出材料的脆性转化温度。

脆性转化温度也是在一个温度区间范围发生的，很难用一个温度来表示，因此用了集中方法来衡量。数值在-20℃的试验温度下达到某一特点值(>27J)时，说明材料的冲击吸收能量已处于急剧上升的范围，在室温下使用是安全的，若低于27J，很可能处于转变曲线的下方，是不安全的。冲击试验标准中还有增加小尺寸冲击试样，如55mm×7.5mm×7.5 mm或55mm×5mm×5 mm等，对仅「适用于d ≥ 16 mm」的螺栓的规定，今后很有可能改变这一规定，逐步推广到小规格d 12~14 mm。



19 冲击试样长度对冲击试样吸收能量值有影响吗？

由于冲击试验的影响因素较多，因此对试样应有一定要求。在试验中试样长短不影响试验机的操作，有时会出现试样过长或过短，必然影响试验结果的准确性。冲击试验广泛采用JB—300B型摆锤式冲击试验机，根据GB/T 229-2007规定，冲击试样长度为55mm，机加工偏差为±0.60mm；试样长短之间相差1.20mm。在实际加工试样时，加工人员往往忽视对试样长度的控制，为防止试样长度过小，试样加工时常采用上差，有时试样长度会超差。

众所周知，在冲击试验中，试样所吸收的全部冲击能量可以分为两个部分，一是使试样变形进而断裂所需的功，二是试样与摆锤及支座之间摩擦所消耗的功。摆锤冲断试样的过程可以分为两步：从摆锤接触试样到缺口底部区域开裂；缺口底部到试样整体断裂。为此，试样越长，冲断后试样所需要进行的塑性弯曲越大，冲击吸收能量就会升高。也就是说，较长试样的冲击吸收能量偏高的原因，在于冲击过程中需要更大的塑性变形。因为尺寸偏差而造成的偏差值与试样的实测冲击吸收能量关系密切，冲击力越大，偏差值就越大。

根据生产实践：对于300J以下的冲击试样的影响，因其长度尺寸偏差而造成的冲击吸收能量的升高，不会超过总冲击吸收能量的7%，冲击吸收能量在50J左右的试样，这一偏差的影响不会超过4%，并且冲击吸收能量越低，这一偏差越小。为保证冲击吸收能量检测准确性，建议按GB/T 229-2007标准将冲击试样的长度偏差值减小。

20 10.9级M27*300长六角螺栓掉头的原因？（红打没有正火、直接调质，装配后出现头部断裂问题）

此类情况的原因很复杂，要从制程上逐一分析排除，一般首先怀疑热处理质量（淬火保温时间不够，回火不充分、硬度偏高、脱碳或增碳、氢脆磷脆等）；其实，头与杆部的头下R角度，螺纹处有细小裂纹，原材料有非金属夹杂物，且与毛坯未进行预先退火、正火直接调质，组织不均匀有关系。

小结：

迄今，热处理生产和研究还有很大的程度上依赖经验或试探式的实验方法。紧固件的热处理质量控制涉及的点很多，不仅涵盖热处理工序各控制要点，还包括原材料、冷锻或温锻工艺的控制要求。潜伏的隐患常常在产品投入使用时才暴露，甚至可能导致重大事故。为此，所有热处理的控制要点和检查要求，最终要达到的目的就是保证热处理工艺稳定，也只有这样，才能生产出性能优异的高品质紧固件。

Fastener World News

即时回传函：

有关贵公司的任何新闻，都非常欢迎您即时上惠达网站登陆新闻或e-mail到惠达杂志社—编辑部收，我们会即时将贵公司的新闻同步放在网路或惠达电子书上。

◎新闻回传管道：

http://www.fastener-world.com.tw/new/news_prompt.php
E-mail: fastener469@seed.net.tw（编辑部收）
Tel: 886-6-295 4000 · Fax: 886-6-295 3939（转编辑部）

◎紧固件新闻募集：

※产能扩充 ※新厂落成 ※新产品 ※新网址 ※新技术
※QA证书取得 ※新增服务 ※采购销售联盟策略 ※新采购设备
※国外厂最新动态 ※公司地址、连络方式更新 ※所有营运相关资讯

NEWS

www.fastener-world.com.tw/new/news_prompt.php

新闻登入	<input type="text"/>
照片	<input type="text"/>
联络资讯（电话、联系人）	
公司名称	<input type="text"/>
公司网址	<input type="text"/>

BEST CHOICE