



热处理培训资料

常见热处理问题与解答

(1) 淬火常见问题与解决技巧

※Ms 点随 C% 的增加而降低

淬火时，过冷沃斯田体开始变态为麻田散体的温度称之为 Ms 点，变态完成之温度称之为 Mf 点。%C 含量愈高，Ms 点温度愈降低。0.4%C 碳钢的 Ms 温度约为 350℃ 左右，而 0.8%C 碳钢就降低至约 200℃ 左右。

※淬火液可添加适当的添加剂

(1) 水中加入食盐可使冷却速率加倍：盐水淬火之冷却速率快，且不会有淬裂及淬火不均匀之现象，可称是最理想之淬硬用冷却剂。食盐的添加比例以重量百分比 10% 为宜。

(2) 水中有杂质比纯水更适合当淬火液：水中加入固体微粒，有助于工件表面之洗净作用，破坏蒸气膜作用，使得冷却速度增加，可防止淬火斑点的发生。因此淬火处理，不用纯水而用混合水之淬火技术是很重要的观念。

(3) 聚合物可与水调配成水溶性淬火液：聚合物淬火液可依加水程度调配出由水到油之冷却速率之淬火液，甚为方便，且又无火灾、污染及其它公害之虞，颇具前瞻性。

(4) 干冰加乙醇可用于深冷处理溶液：将干冰加入乙醇中可产生 -76℃ 之均匀温度，是很实用的低温冷却液。

※硬度与淬火速度之关联性

只要改变钢材淬火冷却速率，就会获得不同的硬度值，主要原因是钢材内部生成的组织不同。当冷却速度较慢时而经过钢材的 Ps 曲线，此时沃斯田体变态温度较高，沃斯田体会生成波来体，变态开始点为 Ps 点，变态终结点为 Pf 点，波来体的硬度较小。若冷却速度加快，冷却曲线不会切过 Ps 曲线时，则沃斯田体会变态成硬度较高的麻田散体。麻田散体的硬度与固溶的碳含量有关，因此麻田散体的硬度会随着 %C 含量之增加而变大，但超过 0.77%C 后，麻田散体内的碳固容量已无明显增加，其硬度变化亦趋于缓和。

※淬火与回火冷却方法之区别

淬火常见的冷却方式有三种，分别是：(1) 连续冷却；(2) 恒温冷却及 (3) 阶段冷却。为求淬火过程降低淬裂的发生，临界区域温度以上，可使用高于临界冷却速率的急速冷却为宜；进入危险区域时，使用缓慢冷却是极为重要的关键技术。因此，此类冷却方式施行时，使用阶段冷却或恒温冷却（麻回火）是最适宜的。



回火处理常见的冷却方式包括急冷和徐冷两种冷却方法，其中合金钢一般使用急冷；工具钢则以徐冷方式为宜。工具钢自回火温度急冷时，因残留沃斯田体变态的缘故而易产生裂痕，称之为回火裂痕；相同的，合金钢若采用徐冷的冷却方式，易导致回火脆性

※淬火后，残留奥氏体的所扮演的角色

淬火后的工件内常存在麻田散体与残留沃斯田体，在常温放置一段长久时间易引起裂痕的发生，此乃因残留沃斯田体产生变态、引起膨胀所导致，此现象尤其再冬天寒冷的气候下最容易产生。此外，残留沃斯田体另一个大缺点为硬度太低，使得工具的切削性劣化。可使用深冷处理促使麻田散体变态生成，让残留沃斯田体即使进一步冷却也无法再产生变态；或以外力加工的方式，使不安定的残留沃斯田体变态成麻田散体，降低残留沃斯田体对钢材特性之影响。

※淬火处理后硬度不足的原因

淬火的目的是使钢材表面获得满意的硬度，若硬度值不理想，则可能是下列因素所造成：（1）淬火温度或沃斯田体化温度不够；（2）可能是冷却速率不足所致；（3）工件表面若热处理前就发生脱碳现象，则工件表面硬化的效果就会大打折扣；（4）工件表面有锈皮或黑皮时，该处的硬度就会明显不足，因此宜先使用珠击法将工件表面清除干净后，再施以淬火处理。

※淬裂发生的原因

会影响淬裂的主要原因包括：工件的大小与形状、碳含量高低、冷却方式及前处理方法等。钢铁热处理会产生淬裂，导因于淬火过程会产生变态应力，而这个变态应力与麻田散体变态的过程有关，通常钢材并非一开始产生麻田散体变态即发生破裂，而是在麻田散体变态进行约 50%时（此时温度约 150℃左右），亦即淬火即将结束前发生。因此淬火过程，在高温时要急速冷却，而低温时要缓慢冷却，若能掌握『先快后缓』的关键，可将淬裂的情况降至最低。

※过热容易产生淬裂裂痕

加热超过是当的淬火温度 100℃以上，称之为过热。过热时，沃斯田体之结晶颗粒变得粗大化，导致淬火后生成粗大的麻田散体而脆化，易使针状麻田散体之主干出现横裂痕（此称为麻田散体裂痕），此裂痕极易发展成淬裂裂痕。因此，当您的工件在沃斯田体化温度时产生过热现象时，后续的淬火、冷却均无法阻止淬裂的产生，故有人把『过热』称为发生淬裂裂痕的元凶。



※淬火前的组织会影响淬火裂痕?

淬火前的组织当然会影响淬火的成败。最正常的前组织应该是正常化组织或退火组织（波来体结构），若淬火前组织为过热组织、球状化组织均会有不同的结果。过热组织易产生淬火裂痕，球状化组织则可以均匀淬硬而避免淬裂及淬弯，因此工具钢或高碳钢在淬火前，可施行球状化处理已是淬火重要技术之一。此时可施以球状化退火或调质球状化处理以获得球状碳化物。碳化物若以网状组织存在，则容易由该处发生淬火裂痕。

※淬火零件因常温放置引起之瑕疵

淬火后的零件，若长时间放置在室温，可能发生搁置裂痕及搁置变形两种缺陷。搁置裂痕又称为时效裂痕，尤其在冬天寒冷的夜晚，随温度之下降导致残留沃斯田体变态为麻田散体，使裂痕因此而产生，又称之为夜泣裂痕。搁置变形又称之为时效变形，乃淬火工件放置于室温引起尺寸形状变化之现象，大多导因于回火处理不完全所致。为防止搁置变形，需让钢材组织安定化，因此首先要消除不安定之残留沃斯田体（实施深冷处理）。接着实施 200℃~250℃的回火处理使麻田散体安定化。

（2）回火常见问题与解决技巧

※100℃热水回火之优点

低温回火常使用 180℃至 200℃左右来回火，使用油煮回火。其实若使用 100℃的热水来进行回火，会有许多优点，包括：（1）100℃的回火可以减少磨裂的发生；（2）100℃回火可使工件硬度稍增，改善耐磨性；（3）100℃的热水回火可降低急速加热所产生裂痕的机会；（4）进行深冷处理时，降低工件发生深冷裂痕的机率，对残留沃斯田体有缓冲作用，增加材料强韧性；（5）工件表面不会产生油焦，表面硬度稍低，适合磨床研磨加工，亦不会产生油煮过热干烧之现象。

※二次硬化之高温回火处理

对于工具钢而言，残留应力与残留沃斯田体均对钢材有着不良的影响，消除之就要进行高温回火处理或低温回火。高温回火处理会有二次硬化现象，以 SKD11 而言，530℃回火所得钢材硬度较 200℃低温回火稍低，但耐热性佳，不会产生时效变形，且能改善钢材耐热性，更可防止放电加工之加工变形，益处甚多。

※在 300℃左右进行回火处理，为何会产生脆化现象?

部分钢材在约 270℃至 300℃左右进行回火处理时，会因残留沃斯田体的分解，而在结晶粒边界上析出碳化物，导致回火脆性。二次硬化工具钢当加热至 500℃~600℃之间时才会引起分解，在 300℃并不会引起残留沃斯田体的分解，故无 300℃脆化的现象产生。



※回火产生之回火裂痕

以淬火之钢铁材料经回火处理时，因急冷、急热或组织变化之故而产生之裂痕，称之为回火裂痕。常见之高速钢、SKD11 模具钢等回火硬化钢在高温回火后急冷也会产生。此类钢材在第一次淬火时产生第一次麻田散体变态，回火时因淬火产生第二次麻田散体变态（残留沃斯田体变态成麻田散体），而产生裂痕。因此要防止回火裂痕，最好是自回火温度作徐徐冷却，同时淬火再回火的作业中，亦应避免提早提出回火再急冷的热处理方式。

※回火产生之回火脆性

可分为 300℃脆性及回火徐冷脆性两种。所谓 300℃脆性系指部分钢材在约 270℃至 300℃左右进行回火处理时，会因残留沃斯田体的分解，而在结晶粒边界上析出碳化物，导致回火脆性。所谓回火徐冷脆性系指自回火温度（500℃~600℃）徐冷时出现之脆性，Ni-Cr 钢颇为显著。回火徐冷脆性，可自回火温度急冷加以防止，根据多种实验结果显示，机械构造用合金钢材，自回火温度施行空冷，以 10℃/min 以上的冷却速率，就不会产生回火徐冷脆性。

※高周波淬火常见之问题

高周波淬火处理常见的缺陷有淬火裂痕、软点及剥离三项。高周波淬火最忌讳加热不均匀而产生局部区域的过热现象，诸如工件锐角部位、键槽部位、孔之周围等均十分容易引起过热，而导致淬火裂痕的发生，上述情形可藉由填充铜片加以降低淬火裂痕发生的可能性。另外高周波淬火工件在淬火过程不均匀，会引起工件表面硬度低的缺点，称之为软点，此现象系由于高周波淬火温度不均匀、喷水孔阻塞或孔的大小与数目不当所致。第三种会产生的缺失是表面剥离现象，主要原因为截面的硬度变化量大或硬化层太浅，因此常用预热的方式来加深硬化层，可有效防止剥离现象。

※不锈钢为何不能在 500℃至 650℃间进行回火处理？

大部分的不锈钢在固溶化处理后，若在 475℃至 500℃之间长时间持温时，会产生硬度加大、脆性亦大增的现象，此称之为 475℃脆化，主要原因有多种说法，包括相分解、晶界上有含铬碳化物的析出及 Fe-Cr 化合物形成等，使得常温韧性大减，且耐蚀性亦甚差，一般不锈钢的热处理应避免长时间持温在这个温度

范围。另外在 600℃至 700℃之间长时间持温，会产生 s 相的析出，此 s 相是 Fe-Cr 金属间化合物，不但质地硬且脆，还会将钢材内部的铬元素大量耗尽，使不锈钢的耐蚀性与韧性均降低。

※为何会产生回火变形？



会产生回火变形的主要原因为回火淬火之际产生的残留硬力或组织变化导致，亦即因回火使张应力消除而收缩、压应力的消除而膨胀，包括回火初期析出 e 碳化物会有若干收缩、雪明碳铁凝聚过程会大量收缩、残留沃斯田铁变态成麻田散铁会膨胀、残留沃斯田铁变态成变韧铁会膨胀等，导致回火后工件的变形。防止的方法包括：（1）实施加压回火处理；（2）利用热浴或空气淬火等减少残留应力；（3）用机械加工方式矫正及（4）预留变形量等方式。

※回火淬性的种类

（1）270℃~350℃脆化：又称为低温回火淬性，大多发生在碳钢及低合金钢。

（2）400℃~550℃脆化：通常构造用合金钢再此温度范围易产生脆化现象。

（3）475℃脆化：特别指 Cr 含量超过 13%的肥粒铁系不锈钢，在 400℃至 550℃间施以回火处理时，产生硬度增加而脆化的现象，在 475℃左右特别显著。

（4）500℃~570℃脆化：常见于加工工具钢、高速钢等材料，在此温度会析出碳化物，造成二次硬化，但也会导致脆性的提高。

（3）退火常见问题与解决技巧

※工件如何获得性能优异之微细波来体结构？

退火处理会使钢材变软，淬火处理会使钢材变硬，相比较之下，如施以『正常化』处理，则可获得层状波来铁组织，可有效改善钢材的切削性及耐磨性，同时又兼具不会产生裂痕、变形量少与操作方便等优点。然而正常化处理是比较难的一种热处理技术，因为它采用空冷的方式冷却，会受到许多因素而影响空冷效果，例如夏天和冬天之冷却效果不同、工件大小对空冷速率有别、甚至风吹也会影响冷却速率。因此正常化处理要使用各种方法来维持均一性，可利用遮阳、围幕、坑洞、风扇等。

※正常化处理与退火处理之差异

正常化处理加热至 A3 点或 Acm 点以上 40~60℃保持一段时间，使钢材组织变成均匀的沃斯田体结构后，在静止的空气中冷却至室温的热处理程序。对亚共析钢而言，可获得晶粒细化的目的而拥有好的强度与韧性；对过共析钢而言，则可防止雪明碳铁在沃斯田铁晶粒边界上形成网状析出，以降低材料的韧性。



完全退火处理主要目的是要软化钢材、改善钢材之切削性，其热处理程序为加热至 A3 点以上 20~30℃（亚共析钢）或 A1 点以上 30~50℃ 持温一段时间，使形成完全沃斯田体组织后（或沃斯田体加雪明碳体组织），在 A1 点下方 50℃ 使充分发生波来体变态，获至软化的钢材。另外应力消除退火则是在变态点以下 450~650℃ 加热一段时间后徐徐冷却至室温，可消除钢材内部在切削、冲压、铸造、熔接过程所产生的残留应力。

※如何消除工件之残留应力？

应力消除退火则是在变态点以下 450~650℃ 加热一段时间后徐徐冷却至室温，可消除钢材内部在切削、冲压、铸造、熔接过程所产生的残留应力。对碳钢而言，参考的加热温度为 $625 \pm 25^\circ\text{C}$ ；对合金钢而言，参考的加热温度为 $700 \pm 25^\circ\text{C}$ 。持温时间亦会有所差异，对碳钢而言，保持时间为每 25mm 厚度持温 1 小时；对合金钢而言，保持时间为每 25mm 厚度持温 2 小时，冷却速率为每后 25mm 以 $275^\circ\text{C}/\text{小时}$ 以下的冷却速率冷却之。

※如何预防加热变形？

预防加热变形的发生，最好是缓慢加热，并实施预热处理。一般钢材在选择预热温度时，可依下列准则来选定预热温度：（1）以变态点以下作为预热温度，例如普通钢约在 $650 \sim 700^\circ\text{C}$ ，高速钢则在 $800 \sim 850^\circ\text{C}$ 左右。（2）以 500°C 左右作为预热温度。（3）二段式预热，先在 500°C 左右作第一段预热，保持一段时间充分预热后，在将预热温度调高至 A1 变态点以下。（4）三段式预热，针对含有高含量合金之大型钢材，例如高速钢，有时需要在 $1000 \sim 1050^\circ\text{C}$ 作第三段预热。

（4）渗碳氮化常见问题与解决技巧

※氮化表面硬度或深度不够

- （1）可能是钢料化学成分不合作氮化处理
- （2）可能是氮化处理前的组织不适合
- （3）可能是氮化温度过高或太低
- （4）炉中之温度或流气不均匀
- （5）氮气的流量不足
- （6）渗氮的时间不够长



※氮化工件弯曲很厉害

- (1) 氮化前的弛力退火处理没有做好
- (2) 工件几何曲线设计不良，例如不对称、厚薄变化太大等因素
- (3) 氮化中被处理的工件放置方法不对
- (4) 被处理工件表面性质不均匀，例如清洗不均或表面温度不均等因素

※氮化工件发生龟裂剥离现象

- (1) 氨的分解率超过 85%，可能发生此现象
- (2) 渗氮处理前工件表面存在脱碳层
- (3) 工件设计有明显的锐角存在
- (4) 白层太厚时

※氮化工件的白层过厚

- (1) 渗氮处理的温度太低
- (2) 氨的分解率低于 15%时，可能发生此现象
- (3) 在冷却过程不恰当

※氮化处理时之氨分解率不稳定

- (1) 分解率测定器管路漏气
- (2) 渗氮处理时装入炉内的工件太少



- (3) 炉中压力变化导致氨气流量改变
- (4) 触媒作用不当

※工件需进行机械加工处如何防止渗碳?

- (1) 镀铜法，镀上厚度 20mm 以上的铜层
- (2) 涂敷涂敷剂后干燥，可使用水玻璃溶液中悬浮铜粉
- (3) 涂敷防碳涂敷剂后干燥，主要使用硼砂和有机溶剂为主
- (4) 氧化铁和黏土混合物涂敷法
- (5) 利用套筒或套螺丝

※渗碳后工件硬度不足

- (1) 冷却速度不足，可利用喷水冷却或盐水冷却
- (2) 渗碳不足，可使用强力渗碳剂
- (3) 淬火温度不足
- (4) 淬火时加热发生之脱碳现象所导致，可使用盐浴炉直接淬火

※渗碳层剥离现象

- (1) 含碳量之浓度坡度太大，应施以扩散退火
- (2) 不存在中间层，应缓和渗碳的速率
- (3) 过渗碳现象，可考虑研磨前次之渗碳层
- (4) 反复渗碳亦可能产生渗碳层剥离的现象