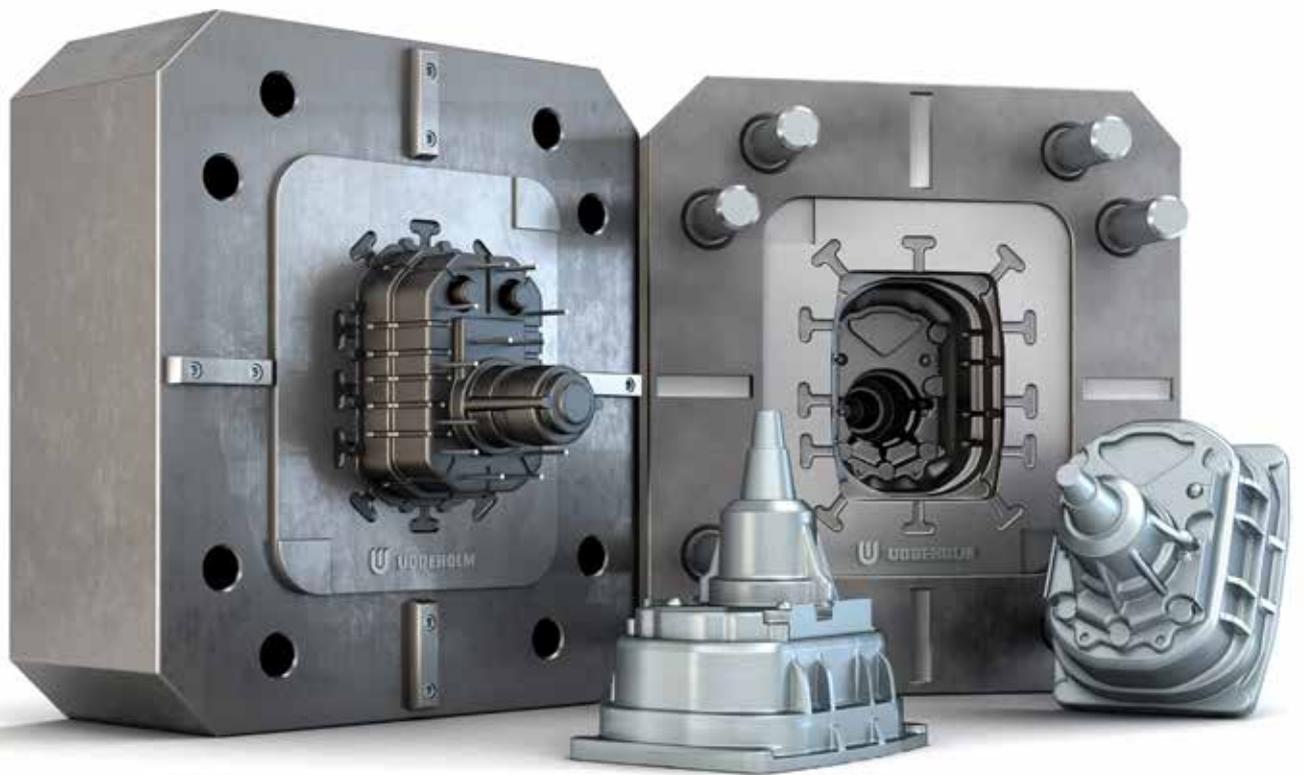


一胜百工模具钢

压铸工模具钢



概述

压铸为大批量生产形状复杂、尺寸精度要求高的铝合金、镁合金、锌合金及铜合金产品提供了一种经济的生产方法。

压铸生产的持续增长,在很大程度上,取决于汽车工业中压铸件越来越多的使用,在汽车工业中轻量化正显得越来越重要。

长期的生产运营已经把重点聚焦到获得更长的模具寿命上。在近几年中,我们在瑞典的钢厂 Uddeholm 已经获得了研发最高质量标准的压铸模钢材的领导地位,这些质量标准符合北美压铸协会(NADCA)和汽车生产厂商的标准。这些钢种包括ASSAB 8407 Supreme, QRO 90 Supreme和 Dievar。

压铸生产者现在正实实在在经历着压铸生产和使用优质压铸钢材以及密切配套的热处理规范来制作模具所带来的成本节约。通过对更好的产品和模具设计以及改善压铸生产的密切关注,进一步节约成本已经实现。

对压铸产品的要求

对压铸产品要求的不断提高将推动具有更高强度、延展性,更好的机械加工性、可焊性和抗腐蚀压铸合金的不断发展。产品的发展趋势是:

- 更大的零件
- 更薄的壁厚
- 更复杂的形状
- 更精确的尺寸

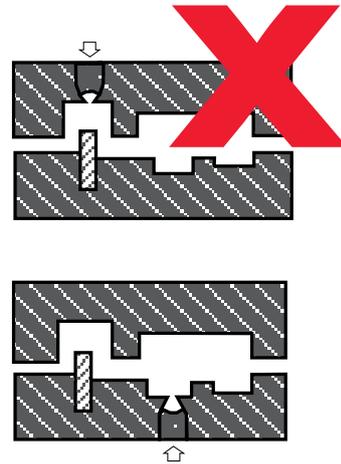
考虑以上因素,使用高压压铸比使用其他像低压铸造和重力法铸造法更有利。

模具设计方面

压铸模具的设计主要根据产品的形状而定。但是模具设计和尺寸的一些方面会影响模具寿命。

型腔

高强度钢材对尖角和缺口相当敏感。因此,在设计时模腔壁厚及筋的变化要均匀和缓,尽可能采用较大的内圆角半径。



为了降低浇口附近金属侵蚀及热龟裂发生的风险性,腔壁、型芯或镶件应尽量远离浇口。

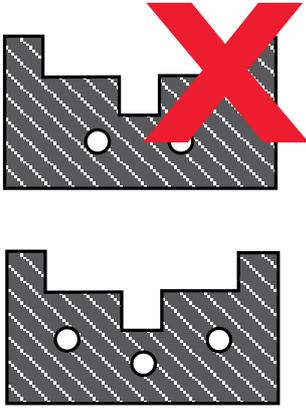
目录

概述	2
对压铸产品的要求	2
模具设计方面	2
模具制造	4
模具寿命	7
对压铸模具钢的要求	9
表面处理	14
钢种及硬度选择	19

“一胜百”(ASSAB)和徽标是注册商标。本文所载资料,是根据我们目前的知识水平所编写,目的是提供对我们的产品及使用的一般建议,因此不应当做是描述产品特定性质的保证,或者被用于其它特定用途。每个一胜百的用户应当自己判断选择一胜百产品和服务的适用性。

冷却水道

冷却水道应处于使整个模腔表面温度分布尽可能均匀的位置。从冷却和力学的角度看，管道表面光滑是非常重要的，而且对抗腐蚀也有益。



流道、浇口及溢流

要得到最佳的压铸效果，冷却系统必须和“热区”（流道、浇口、溢流和型腔）有一定的热平衡。因此，流道、浇口和溢流设计相当重要。在型腔内很难填满的部位，应设溢流，以使压铸金属流到这些部位（真空辅助压铸是一个可选的方法）。在具有相同尺寸的一模多型腔模具中，所有的流道必须具有相同的流道长度和横截面积，浇口和溢流也必须完全相同。

浇口的位置和流道的厚度及宽度对金属注入速度相当关键。浇口的设计应使金属流畅地流入型腔的各个部分，而不是喷射状地流入，否则铸件质量下降。浇注金属过快流动或者过度紊流会引起模具侵蚀。

高压铝压铸模具



带有流道、浇口、溢流的铝泵壳压铸件



定尺寸参考

以下是铝合金压铸模定尺寸的参考:

1. 型腔到外表面距离 >50 毫米
2. 型腔深度和模具厚度之比 <1:3
3. 腔至冷却通道的距离 >25 mm
腔到角处冷却通道的距离 >50 mm
4. 内圆角半径
 锌 >0.5 mm
 铝 >1 mm
 铜 >1.5 mm
5. 浇口与型腔壁距离 >50 mm

模具制造

压铸模具的制造, 以下因素至关重要:

- 机械加工性
- 电火花加工
- 热处理
- 尺寸稳定性
- 表面处理
- 可焊补性

机械加工性

马氏体系热作工具钢的机械加工性主要受像硫化锰等非金属夹杂物及钢材硬度的影响。

因为压铸模的性能可以通过降低钢材中杂质如硫和氧的含量而得到改善, 因此发展了具有极低硫和氧含量的Dievar、ASSAB 8407 Supreme 和 QRO 90 Supreme。

切削加工的最佳组织是铁素体基体上均匀分布着球化得很好的碳化物, 且具有尽可能低的硬度。

均量化处理使Dievar, ASSAB 8407 Supreme 和 QRO 90 Supreme得到均匀组织, 使Dievar的硬度约为160 HB, 其它两种硬度约为180 HB。这些钢种都具有非常均匀的机械加工性。

对于Dievar, ASSAB 8407 Supreme 和 QRO 90 Supreme 的车削、铣削和钻孔等, 常用的机械加工参数可以在产品说明书中查阅。

电火花加工

电火花加工(EDM)在压铸模生产中许多年前就已经牢牢地占有了一定的地位。它的发展显著提高了操作技术、生产力和加工精度。

渐渐地, 高速加工作为可代替电火花加工正在逐步成长。

电火花加工的基本原理是在石墨或铜电极(阳极)和钢材(阴极)之间的电介质中放电。在操作过程中钢材的表面承受非常高的温度, 从而使其熔化和蒸发, 在表面产生了一层熔化后再凝固的脆性层, 紧接着下面是再淬硬层和回火层。

电火花加工会影响模具钢材表面性能, 不当情况下甚至会破坏模具。由于这个原因, 作为一种预防措施, 推荐以下几步加工方式:

退火钢材的电火花加工

- A 传统的机械加工
- B 始时粗放电加工避免“打火”和过快的去除率。完成时用精电火花加工, 即低电流高频率。
- C 研磨或抛光电火花层。这减少了加热和淬火时开裂的危险。建议缓慢加热, 分段预热到淬火温度。

淬火和回火后钢材的电火花加工

- A 传统的机械加工
- B 淬火和回火
- C 开始时粗放电加工避免“打火”和过快的去除率。完成时用精电火花加工, 即低电流高频率。
- D (i) 研磨或抛光电火花。
(ii) 比原来最高回火温度低15-25°C回火。

热处理

热作钢通常是以软性退火状态供货。在机械加工后,为了得到最佳的高温屈服强度、抗回火性、韧性和延展性,必须进行热处理。

钢材的性能受奥氏体化温度和保温时间、冷却速度和回火温度控制。

高奥氏体化温度提高模具的热屈服强度和抗回火软化能力,降低热龟裂的产生。ASSAB 8407 Supreme 和 QRO 90 Supreme 的性能可以用 1050°C 的奥氏体化温度取代正常的 1020°C 来提高上述性能。对 Dievar, 用 1030°C 取代 1000°C。

另一方面,高奥氏体化温度有使晶粒长大而降低韧性和延展性的危险。所以这种方法应限于小型模具和型芯、芯棒的热处理。

高的奥氏体化温度可以得到更高的硬度,高硬度对抗龟裂具有有利的影响。但是对铝压铸模推荐硬度不超过 50 HRC, 铜不超过 46 HRC。硬度越高,破裂和完全失效的危险越大。然而,通过提高 Dievar 和 ASSAB 8407 Supreme 的韧性,失效的危险性会大大降低。

淬火速度对 Dievar、ASSAB 8407 Supreme、QRO 90 Supreme 和所有其他同样类型钢种也有很大影响。

缓慢的冷却速度可获得较好的尺寸稳定性,但增加钢材获得不良显微组织的风险,降低钢的断裂韧性。

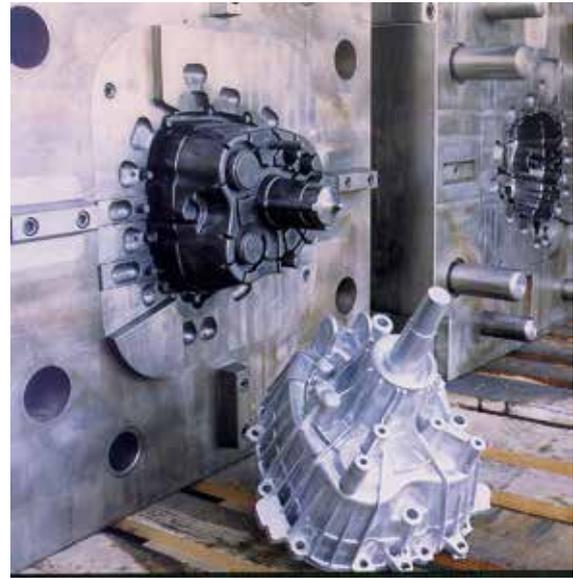
快的冷却速度可能得到最好组织,因而得到最高的模具寿命。

必须在采用低淬火速率带来的低加工成本和采用高淬火速率得到长的模具寿命之间作权衡。在考虑模具总体效益时,大多数情况下,优先考虑模具的使用寿命而采取较快的淬火冷却速度。

脱碳和渗碳可以引起早期热龟裂,应在整个热处理过程中都予以避免。

模具冷却至 50 - 70 °C 后应立即回火。要得到满意的组织,第二次回火是必不可少的。第二次回火温度应根据模具所需的最终使用硬度而决定。压铸模通常需要第三次回火。

尺寸稳定性



汽车工业的铝制零件。

当压铸模淬火和回火时,通常会出现变形或翘曲。通常情况下,奥氏体化温度越高变形越大。在淬火前通常要预留一定加工量以便淬火及回火后通过高速切削加工、电火花加工、研磨加工等工序来调整模具到最终要求的尺寸。

变形是由于钢材中的应力引起的,这些可分成:

- 机械加工应力
- 热应力
- 组织转变应力

机械加工应力

此类应力产生于机械加工、如车削、铣削加工、研磨加工。



高压铝压铸模型腔

如果存在内部应力,它会在加热时释放。加热使材料强度下降,从而通过局部变形来释放应力。这会导致模具整体变形。

为了减少淬硬过程加热时产生的变形,需要一个应力消除的过程。一般推荐在粗加工后进行应力消除。这样淬火前任何变形都能在半精加工中加以调整。

热应力

模具加热或者冷却中会产生应力。加热越快越不均匀,应力就越大。加热时模具尺寸会增大。不均匀的加热会引起不同部位尺寸的不一致增大,从而产生应力和变形。为了使整块模具温度均匀通常推荐多段预热。

应尽量缓慢加热以使整个模具温度保持一致。

以上情况对淬火冷却也适用。淬火时会产生非常大的应力。一般而言,在可接受的变形范围内,冷却应越快越好。

淬火介质的均匀性非常重要,尤其在使用压缩空气或保护气氛时(如在真空炉内)。否则模具温度的不一致会产生明显的变形。对于大型复杂模具通常推荐分级淬火。

组织转变应力

当钢材组织转变时这类应力会产生。这是因为三种显微组织铁素体、奥氏体、马氏体有不同的密度和体积。

从奥氏体转变成马氏体的变化最大,这一过程会引起体积增加。

过快和不均匀冷却也会导致局部马氏体形成从而引起模具中局部体积增大,而在某些截面上产生应力。这些应力会导致变形甚至破裂。

表面处理

表面处理应用于压铸模具和模具部件,能够在模具表面形成一层保护层,提高抗热龟裂能力,提高耐磨性,或者两者兼而有之。表面处理的主要目的是增强对压铸生产中模具主要失效形式的抵抗力,如热龟裂、粘着,从而延长模具寿命。



汽车工业铝压铸模

焊补性

在许多情况下,通过焊补来修理压铸模具非常重要。工具钢的焊补总带有破裂的危险,但是如果仔细操作并依建议做前后热处理的话,也可得到好的效果。

焊补前准备

被焊的部位必须避免脏物和油脂以确保金属的顺利渗透和融合。

退火态材料的焊补

- 1 预热到325–375°C。
- 2 在此温度开始焊接。不要让模具的温度低于325°C,最高不能超过475°C。焊接时保持工件温度恒温的最好方法是用箱壁内置恒温电子元件的绝缘箱。
- 3 焊接后以20-40°C 每小时冷却两小时后空冷。
- 4 焊接后马上退火。

淬火和回火态材料的焊接

- 1 预热到325–375°C。
- 2 在此温度开始焊接。不要让模具的温度低于325°C,最高不能超过475°C。焊接时保持工件温度恒温的最好方法是用箱壁内置恒温电子元件的绝缘箱。
- 3 焊接后以每小时20-40°C冷却两小时后空冷。
- 4 在低于之前最高回火温度25°C的温度下保温两小时做去应力回火。

焊条

QRO 90 焊条 (SMAW), QRO 90 氩弧焊焊丝和 Dievar 氩弧焊焊丝。

模具寿命

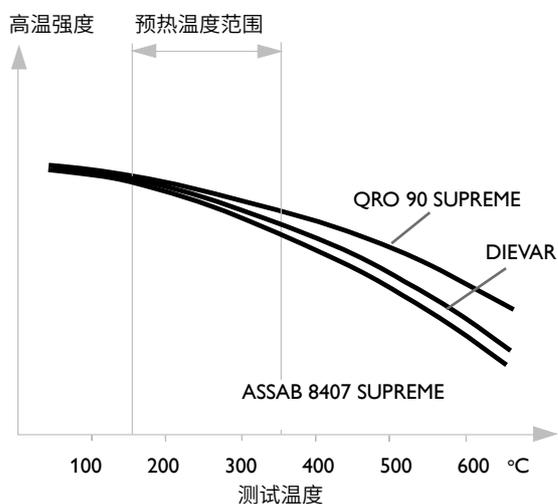
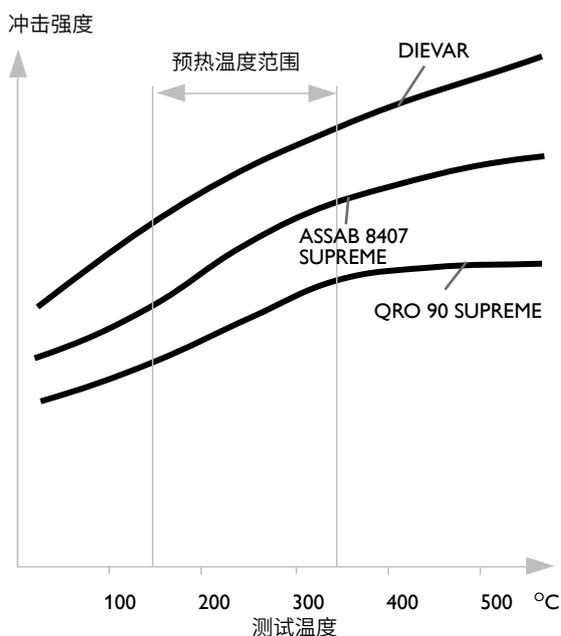
压铸模具寿命会随产品的设计和尺寸、压铸合金类型、模具的维修和保养的不同而有很大的差别。

模具可以通过压铸前后适当的处理来延长寿命:

- 适当的预热
- 正确的冷却
- 表面处理
- 应力消除

适当的预热

冷模具和热的压铸金属间最初的接触会对模具材料产生很大的热冲击。热龟裂可能就在第一次压铸时出现并迅速扩展导致整体破裂。



还需非常注意的是，冲击强度即材料抗热冲击和机械冲击的能力可以在第一次压铸的时候通过恰当的预热得到显著的提高。因此，模具表面和熔融金属之间的温度差不能太大是最基本的要求，基于这个原因，预热总是需要的。最合适的预热温度依压铸合金而定，但通常在150和350°C之间。

上面的曲线显示了材料可预热的温度范围。一定要注意预热温度不能太高，否则会在压铸时由于模具温度太高而引起模具再回火，特别是模具较薄的筋部升温非常快。

模具压铸时，推荐以下预热温度：

压铸合金	预热温度
锡, 铅合金	100 - 150 °C
锌合金	150 - 200 °C
镁, 铝合金	180 - 300 °C
铜合金	300 - 350 °C

一定要逐步而均匀地预热，最好使用恒温的加热控制系统。预热时，为了达到平衡，应逐步打开冷却水，避免骤然冷却。有镶块的模具必须缓慢加热以便使镶块和模座保持一同逐步膨胀。

正确的冷却

模具温度由冷却水道和模具表面脱模剂来控制。为了减少热龟裂的危险性，冷却水可预热到大约50°C，通常推荐用恒温控制的冷却系统，不推荐使用低于20°C的冷却水。

停机时间超过几分钟时，应调节冷却水流量，避免模具太冷。

表面处理

表面处理如气体氮化、盐浴氮化和离子氮化，可以提高某些部件的寿命，如应用于压铸模具的料筒、喷嘴、浇道、分流道、浇口、顶针和芯棒。

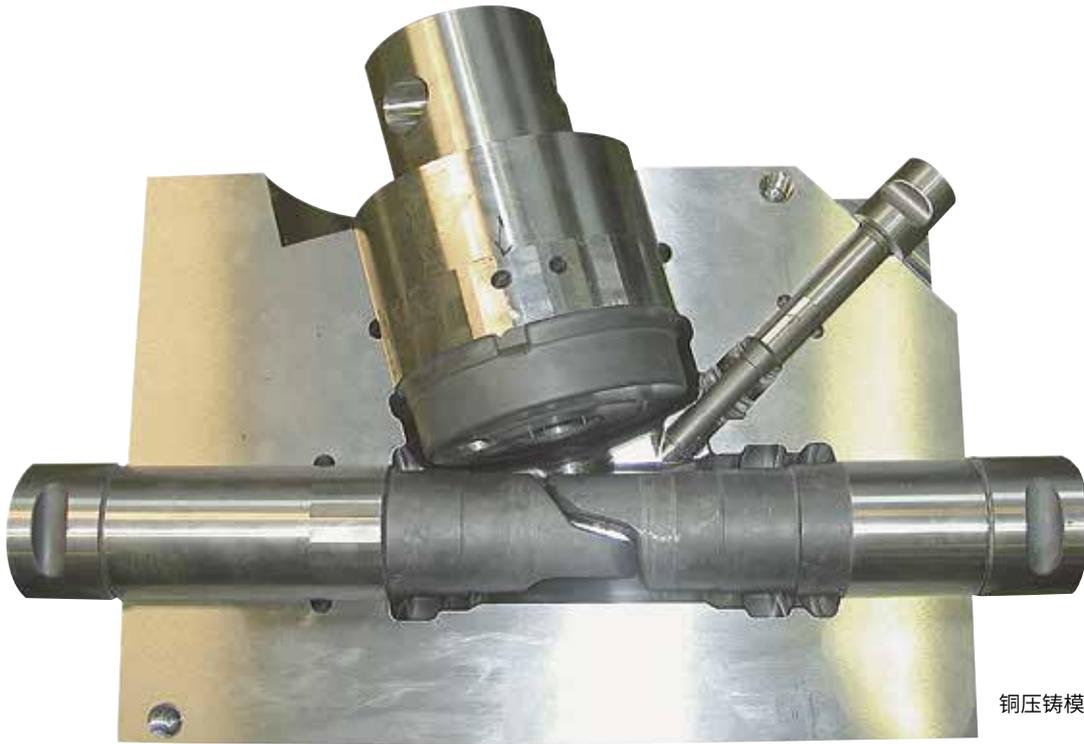
模具表面氧化处理可有效提高抗腐蚀和抗粘着性，因为其氧化后的表面有良好的附着脱模剂的特性。氧化处理对新压铸模特别重要，因其可以在模具表面自动生成一层黑色的氧化膜之前就人为形成了保护。

通过氮化或者软氮化再加上氧化处理的复合处理，可以有效防止模具表面的早期侵蚀，如新压铸模具经常碰到的腐蚀、侵蚀和粘着。这些复合处理对需要保证模具寿命的模具制造商有利。一胜百都可以提供氮化或软氮化加氧化的复合处理。

去应力

压铸时，模具表面由于温差而产生热应变，这种反复的应变会导致模具表面的残余应力产生。在大多数情况下，这种残余应力是拉应力，因此促使热龟裂的发生。去应力处理会使模具残余拉应力下降，从而提高模具寿命。我们建议ABP处理(一胜百的专利喷丸技术)在每次做去应力时同时进行，分别为试模后，压铸1,000 - 2,000模次后，5,000 - 10,000模次后。如果模具只是出现少量热龟裂，这种ABP结合去应力的预防性处理可以在以后每隔10,000 - 20,000模次重复做。

因为表面龟裂的形成会降低残余应力，因此在较严重龟裂产生后再去应力就没有太大的意义。去应力处理的温度最好定在模具热处理最高回火温度以下25°C左右。正常情况下，在此温度保温2小时就足够了。



铜压铸模

压铸对模具钢材的要求

压铸模受严重热高温和机械循环负荷,这种负荷直接提高对压铸模材料的要求。因此有许多因素限制了模具寿命。

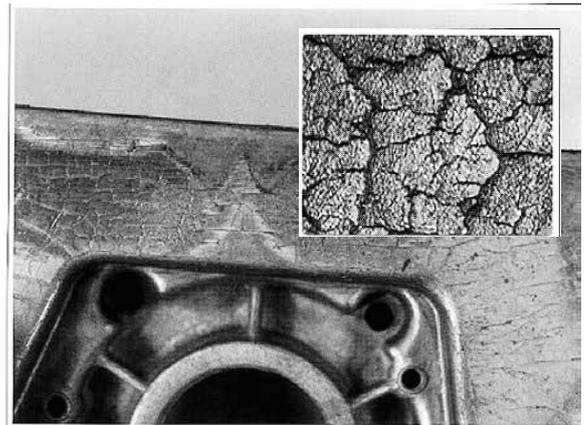
最重要的是:

- 热疲劳(热龟裂)
- 腐蚀/ 侵蚀
- 开裂(整体破裂)
- 凹陷

压铸合金工作温度对压铸模寿命影响非常大。对某种特定合金的压铸模,由于压铸件的设计,表面光洁度,生产速度,压铸时过程控制,模具设计,模具材料及其热处理,加工公差范围等也会很大程度上影响模具寿命。

热疲劳

热疲劳是由于许多次温度循环,产生的热应力造成的逐步破裂,它是发生于模具表面薄层的一种微表面现象。



人们花了很多精力来了解热疲劳过程以及材料性能和热疲劳的关系。正由于此,我们在瑞典的钢厂建立了一套模仿热疲劳破坏的装置,目的是为了改善和发展模具材料,目前已发展了优质工具钢 Dievar, ASSAB 8407 Supreme和QRO 90 Supreme。

压铸合金	压铸温度 °C	限制模具寿命因素 模具	正常寿命, 模次	
			模具	型芯
锌	~430	侵蚀	0.5-2 百万	0.5-2 百万
镁	~650	热龟裂 开裂 侵蚀 凹陷	100 000 - 400 000	50 000 - 200 000
铝	~700	热龟裂 开裂 侵蚀 凹陷	60 000 - 200 000	40 000 - 150 000
铜/黄铜	~970	热龟裂 凹陷 侵蚀 开裂	5 000 - 50 000	1 000 - 5 000

影响热疲劳的因素

热疲劳是由热循环应力, 拉应力和塑性应变这些因素组合在一起形成的。如果以上因素中任何一个不存在的话, 热疲劳既不会产生也不会扩展。塑性应变使裂纹出现, 而拉应力使裂纹扩展。

下列因素影响热疲:

- **模具温度循环**
 - 预热温度
 - 模具表面温度
 - 模具高温保持时间
 - 冷却速度
- **基本的模具材料性能**
 - 热膨胀系数
 - 热传导系数
 - 高温屈服强度
 - 抗回火性
 - 蠕变强度
 - 延展性
- **应力集中部位**
 - 圆角, 孔和尖角
 - 表面粗糙度

模具温度循环

预热温度

最重要的是模具表面和金属溶液的温差不能太大。因此, 模具需要预热。对铝来说预热温度不低于180°C, 因为钢材在此温度的断裂韧性是室温时的两倍。

模具表面温度

模具表层温度和热疲劳的出现关系密切。温度达600°C时, 热膨胀和应力正好是一般热作钢所能承受的, 但是温度再高会产生明显的热龟裂。模具表面温度主要取决于预热温度、金属压铸温度、压铸产品设计、模具形状和尺寸, 模具材料的高温性能。

高温保持时间

较长的高温保持时间增加模具材料过度回火和蠕变的危险。这就意味着钢材的机械强度下降和相应的抗热负荷和机械负荷能力下降。

冷却速度

表面冷却速度相当重要。较快的冷却会产生较大应力从而导致早期裂纹。脱模剂的选择通常从模具寿命和生产率两方面综合考虑, 但大多数生产商由于环保问题从油性脱模剂改成水性脱模剂。

模具材料基本性能

热膨胀系数

低的热膨胀系数意味着较小的体积膨胀，亦即较低的热应力累积。

热传导性

高的热传导性降低了温度差从而降低了热应力。通过实验很难预测和研究热传导性是如何影响热应力的。

高温屈服强度

高的高温强度降低塑性应变，有利于对抗热龟裂。

抗回火能力

如果最初具有高的高温屈服强度的模具材料，会在高温状态下长时间使用时变软。这就意味着热龟裂破坏会加快。因此模具材料有良好的在高温下抗软化的性能显得非常重要。

蠕变强度

和抗回火性相关的软化会因机械负荷的作用而明显加速。模具材料同时处于高温和机械负荷状态，因此一种好的模具材料应具备高温下抗机械负荷作用的能力，即高温蠕变强度。事实上，通过实验已证明恒温 and 循环机械负荷也会产生热龟裂。

延展性

延展性是钢材抵抗塑性变形而不产生裂纹的能力。钢材在特定的高温屈服强度和温度循环下，延展性的好坏是主宰钢材在最初的热疲劳破坏中产生裂纹的因素。延展性对裂纹扩展的影响会逐渐减少。

材料的延展性主要取决于夹杂物和偏析即钢的纯净度和均匀性。因此一胜百的压铸模具钢都是通过特殊工艺冶炼的，即电渣重熔，控制锻造，特殊的微观组织处理，使钢材的延展性大大改善，特别是大块材料的中心部位也大大改善。

应力增大

内圆、孔和尖角

在内圆、孔和尖角处几何形状造成的应力集中和温差的增大使应力和应变也增大。这就意味着在这些区域的热龟裂出现得比平面部位快。热龟裂的出现及尖角的设计使模具产生整体破裂的危险增加。

表面粗糙度

表面缺陷如同研磨刮痕同样会像内圆角、孔和尖角一样影响裂纹的出现。推荐以220-600的粒度研磨，这样的粗糙度不会导致热龟裂的出现。不太光滑的表面如喷砂，氧化的表面有助于脱模剂的附着和在模具表面上更均匀地分布，甚至很少有粘模产生，产品容易脱模，这对模具的试模期尤其重要。

腐蚀/侵蚀

由熔融金属注入模具的腐蚀

压铸时，熔融金属注入模具。在型腔表面缺少保护层的情况下，压铸金属将会扩散到模具表层。同时，模具材料中的合金元素(特别是铁)将从模具表面扩散到压铸金属中。

这一过程将引起压铸金属与模具钢表面及金属间化合物的相互扩散，当金属间化合物严重形成，压铸金属将粘着在模具的表面。

我们在瑞典的钢厂 Uddeholms AB 已对不同熔融压铸金属对侵蚀的趋势作了研究。

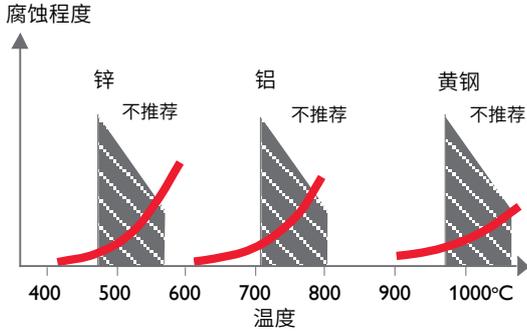
影响模具侵蚀的因素

许多因素会影响模具侵蚀：

- 压铸金属的温度
- 压铸金属的成份
- 模具设计
- 表面处理

压铸金属的温度

压铸合金有一定的临界侵蚀温度，超过此温度侵蚀就会加剧。锌大约在480°C开始和钢材发生反应，铝大约在720°C。铜合金似乎不会有真正临界温度，但侵蚀会随着温度升高而慢慢增加。



压铸金属成份

纯金属侵蚀模具的速度比合金快得多。锌也同样如此。若铝液中含有较少铁元素时，模具被侵蚀的程度也会增大。

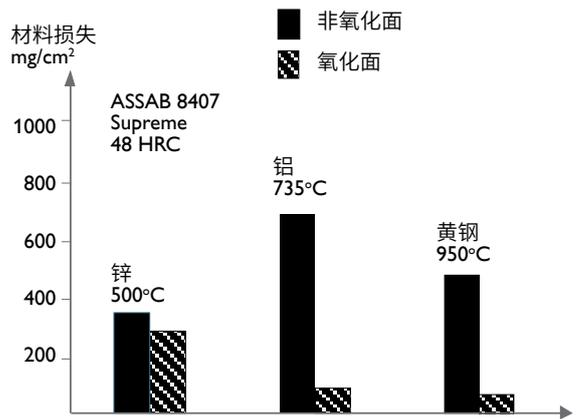
模具设计

模具的设计对于侵蚀也很重要。如果熔融金属以太高速度注入，那么模腔表面的脱模剂可能被冲掉。太高的注入速度通常是不正确的浇口设计引起的。



表面处理

模具表面处理很重要。如能避免模具和熔融金属直接接触，侵蚀的危险会减少。表面氧化能提供很好的保护。氮化，软氮化或其他涂层也能起一定保护作用。



由熔融金属产生的侵蚀

侵蚀主要是由熔融金属在模具表面造成热机械磨损的一种形态。

侵蚀程度取决于熔融金属注入模具时的速度，以及熔融金属的温度和成分。注射速度超过 55 m/s 时，侵蚀的危险性增大。

高的温度也对模具表面造成再回火的影响。硬粒子，如夹杂物或者含超过12.7%硅的过共晶铝液中析出的硅粒子，也增加了侵蚀的危险性。

大多数情况下模具表面遭受腐蚀和侵蚀同时的破坏，破坏类别很大程度上取决于熔融金属注入模具的速度。高速下，一般侵蚀较多。

使用一种好的抗回火和高的的高温屈服强度的材料显得尤为重要。

破裂(整体破裂)

钢材的韧性，就是抵抗负荷而不会在尖的缺口或应力集中地方产生破裂的能力。模具的韧性取决于模具材料及其热处理。由于模具中机械应力和热应力分布于各个方向，所以要考虑纵向、横向及厚度方向的韧性。

Dievar, Unimax, ASSAB 8407 Supreme和 QRO 90 Supreme用特殊的技术生产而成，这种技术使它们各方向的机械性能有了改善。

偶尔过度的高温负荷造成的热冲击会造成模具整体破裂。这是常会见到的宏观现象，是模具完全失效最常见的原因。

DIEVAR和ASSAB 8407 SUPREME的断裂韧性

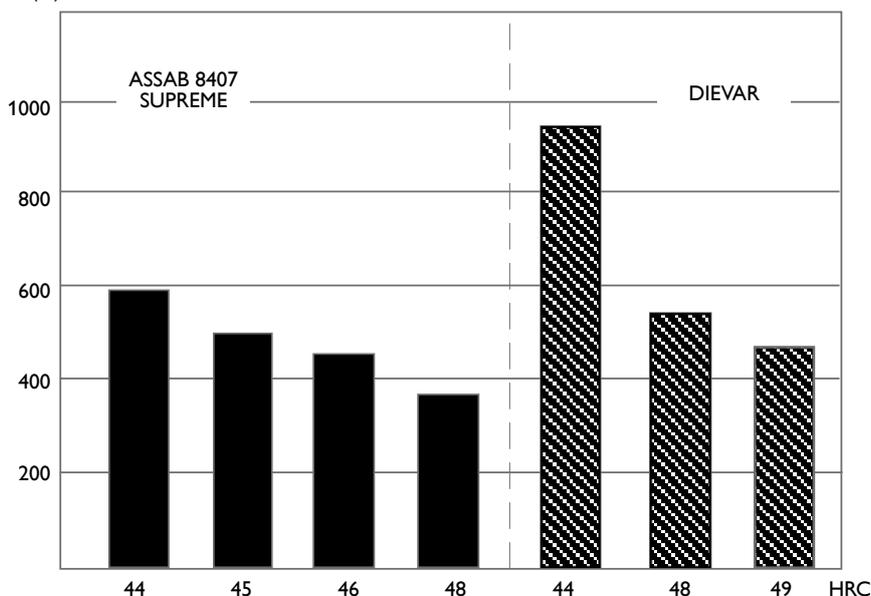
材料在尖缺口或裂纹处，承受应力而不发生裂纹失稳扩展的能力称为断裂韧性。Dievar和ASSAB 8407 Supreme在不同硬度下的断裂韧性如下图所示。

凹陷

模具在分模面上的凹陷和下沉通常是因为模具的高温红硬性太低。

在高温下，钢材的强度会下降，因此其硬度也随之下降。这意味着热作模具凹陷的危险性会随模具的工作温度升高而增加。锁模力和金属的注射压力相当高，所以模具需要一定的高温强度。这对于铝、镁、铜合金的压铸尤其重要。

断裂韧性, K_{Ic}
MPa (m)^{1/2}



室温的断裂韧性
(心部, 厚度方向)

表面处理

这部份内容介绍提高模具性能的各种普遍应用的工业表面处理方案。表面处理的类型应该根据模具钢材面对的主要失效模式而慎重选择。

通过应用恰当的表面处理类型,可以提高各种失效模式如热龟裂、侵蚀、腐蚀和粘着的抵抗力。

氮化和软氮化

氮化能够产生硬的表层,能够很好地抵抗磨损、粘着、侵蚀和麻点。由 $Fe_{2-3}N$ (ϵ -相)和 Fe_4N (γ' -相)形成的氮化表层,通常被称为白层,具有多孔的和脆性的特性,当模具遭受机械冲击或热冲击时增加了开裂和崩角的风险,白层厚度越厚风险越大。但是,不超过 5 - 7.5 μm 的薄的致密的氮化层是有效的,可以很好地保护模具抵抗粘着、腐蚀,而且提高耐磨性。

热作钢不推荐超过的0.3mm的厚度。如果有镶件要氮化,应避免过厚的氮化层,以下是一些推荐厚度:

- 镶件 最大 0.05 mm
- 型芯 最大 0.1 mm
- 套筒 最大 0.3 mm

氮化前,模具必须在高于氮化温度25-50°C进行淬火和回火处理。

在510°C的氨气中进行气体氮化,在480°C的75%的氢气和25%氮气的混和气体中进行离子氮化,两种方法都可以在表面形成约1000 - 1180 $HV_{0.2}$ 的硬化层,硬度由热作钢的种类和氮化过程而决定。总体来讲,离子氮化由于其更好的氮势可控性而被优先选择;特别是白亮层不推荐用在热作模中,离子氮化就能够容易地获得无白亮层组织。然而,气体氮化谨慎处理也是能够获得完美的可接受的效果。

通过添加含碳的介质到气氛或者盐浴中,可得到碳氮共渗组织。这种类型的表面处理叫做软氮化处理。软氮化处理有良好的耐磨性和抗腐蚀性,特别当其配合氧化处理使用时效果更佳。软氮化适合用于承受磨损和摩擦的模具工件,如顶针和套筒。

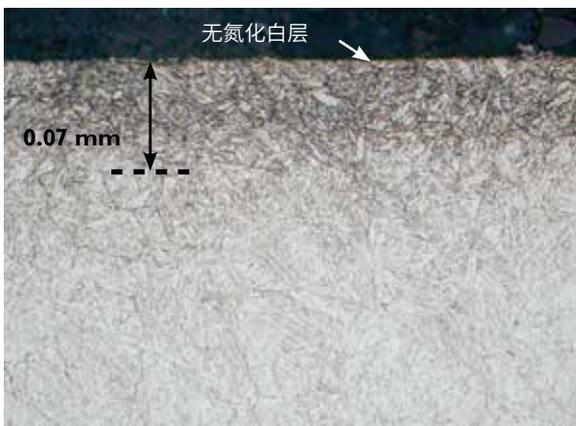
在 580 °C 经过软氮化处理后的表面硬度可达 850 - 1160 $HV_{0.2}$,按照模具材料的种类和气体软氮化或者盐浴软氮化而有所不同。

处理工艺	ASSAB 8407 Supreme	Dievar	QRO 90 Supreme	Unimax
510°C 气体氮化				
10 h	1100 HV 0.12 mm	1100 HV 0.16 mm	1000 HV 0.16 mm	1180 HV 0.15 mm
30 h	1100 HV 0.20 mm	1100 HV 0.22 mm	1000 HV 0.27 mm	1180 HV 0.25 mm
480°C 离子氮化				
10 h	1100 HV 0.12 mm	1100 HV 0.15 mm	1000 HV 0.18 mm	1180 HV 0.15 mm
30 h	1100 HV 0.15 mm	—	1000 HV 0.27 mm	1180 HV 0.25 mm
580°C 气体软氮化				
2.5 h 在气体	950 HV 0.11 mm	1100 HV ≥ 0.13 mm	850 HV 0.20 mm	1130 HV 0.12 mm
1 h 在盐浴	950 HV 0.06 mm	1100HV 0.08 mm	850 HV 0.13 mm	1160 HV 0.08 mm

注: 表面硬度HV值是在表面以下20 μm 处用维氏显微硬度计在200克的载荷下测量得到的。
氮化深度mm值是从通过测量表面开始到比基体高出50HV的距离得到的。

可控气氛氮化和软氮化

传统的气体氮化和软氮化的白亮层常常引起严重疏松且有脆性,可以引起开裂或崩角。NITREG®可控气氛氮化和软氮化如NITREG®-C和ASN可以控制疏松和白亮层的质量,对提高耐腐蚀性和耐磨性有利。NITREG®是NITREX的注册商标,而ASN是一胜百开发的拥有知识产权的特殊氮化工艺。最重要的优点是经可控气氛氮化/软氮化处理的白亮层在保持高硬度时不脆。而且,工艺参数如氮势是可调的,可以优化在给定的应用环境下的白亮层的厚度或扩散层厚度,或者同时调节。这种可控工艺可在500-600°C的温度下,获得最佳耐磨性的白亮层,或者获得无白亮层而只有扩散层的最佳耐疲劳强度。



可控气氛软氮化ASN处理的微观组织

传统的氮化和软氮化处理在广泛应用于压铸模部件上获得了成功。在有限的范围内,这些传统的处理方法在减少粘着、侵蚀和麻点方面获得了一些好评。但是,其对模具型腔和模具型芯的处理会加速热龟裂而缩短模具寿命,一直有争论。各个表面处理者所使用的具体工艺和参数对此有很大的影响,白亮层和其相结合的相如 ϵ 和 γ' 相的有无、氮化层的微观结构和氮化层深度,在决定最终模具寿命上扮演着重要角色。

当传统的氮化和软氮化大部分被限制用于压铸部件的处理时,相应的可控处理如NITREG®, NITREG®-C和ASN已经成功地应用于压铸模的镶件和型腔,因为他们只形成扩散层(无白亮层)而具有好的疲劳强度。

氧化处理

氧化处理是以一个专有名词或商业名词而知晓例如发黑处理,但它本质上是模具钢材在一定的高温下形成一个保护性的氧化层。

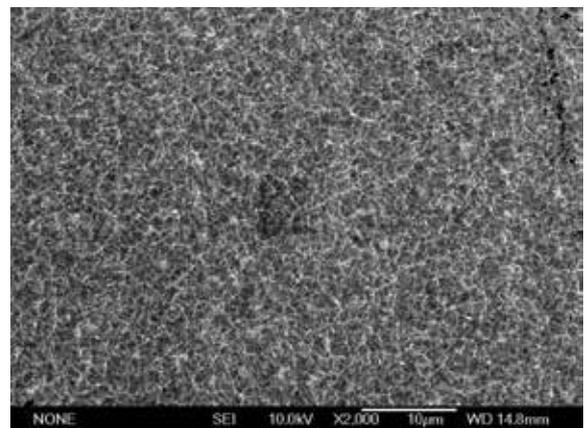
氧化处理是在500-600°C之间停留一段时间,从半小时至数小时不等,产生一层致密的、有韧性的和有极强附着力的氧化铁膜,主要是 Fe_3O_4 ,厚度取决于工艺参数。氧化可以在不同的气氛中处理,例如水蒸气(典型的压力是0.15-0.3 MPa),常压的空气(0.1 MPa)和低压的空气(0.001 MPa)。

模具表面可以加热到约500-550°C保温1-2小时,随后空冷而得到氧化。也可以在水蒸气中加热到550-600°C保温1-4小时,得到合适厚度,范围大约从2-6 μ m不等。

一胜百研发了一个专利技术的水蒸气氧化处理方法,以ASO-ASSAB Steam Oxidising而命名。ASO已被成功应用于压铸模中,用来解决由于模具钢溶解和铝液与模具表面形成金属间化合物而导致的腐蚀相关的损坏问题。用ASO生产的表面结构有助于保持模具表面的润滑,减少粘着的趋势并提高脱模性。

喷丸处理

喷丸处理是将小圆形介质类的钢球喷射到零件表面,从而在表面产生一个残余压应力和局部得到硬化层的过程,可提高疲劳强度,因此可以提高抗热龟裂、应力腐蚀的性能,从而延长模具寿命。



Dievar材料经ASO处理的SEM图像

ABP, 名词来源于ASSAB Benefit process, 它是一胜百的专利喷丸技术, 拥有自主知识产权。ABP已经非常成功地应用于热作钢, 包括压铸模型腔和镶件。在ABP处理中, 首先是喷丸清洁表面, 然后是一连串球状的小钢球在可控条件下高速轰击金属表面, 每一个钢球宛如一把小锤敲打工件表面, 捶出小压痕或凹陷。无数凹陷重叠形成均匀的残余压应力层。这些残余压应力可以提高疲劳强度, 抑制应力腐蚀开裂。

喷丸处理后的表面有助于保留脱模剂, 减少粘着风险和易于脱模。

几乎所有的热龟裂和应力腐蚀开裂都起源于工件的表面或近表面, 用ABP处理产生的压应力可以提高模具的性能并延长模具寿命。

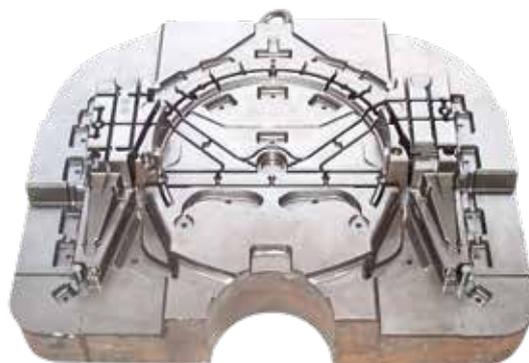
以下几点可以提高:

- 提高耐热疲劳性
- 提高耐热龟裂性
- 增强耐磨性
- 提高应力开裂性
- 提高表面强度
- 延长模具寿命

ABP对新模具和使用过的模具都适合, 推荐模具定期去应力以作为预防维护性的措施, 典型的周期是10,000–20,000模次。在这种维护中, ABP提高了已使用过模具的表面质量, 小的表面刮痕、划痕和粘着物都可以去除, 得到干净的表面。并且, ABP可以弥合模具上细小的热龟裂纹。



10,000模次, ABP处理前



ABP处理后

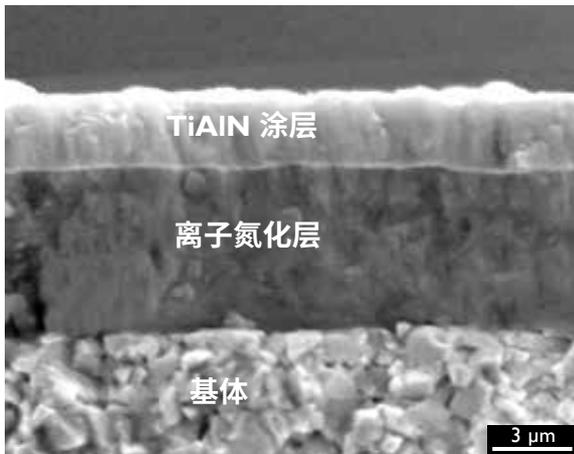
铝合金压铸模, 尺寸780 x 620 x 170 mm, 重量430 kg

PVD

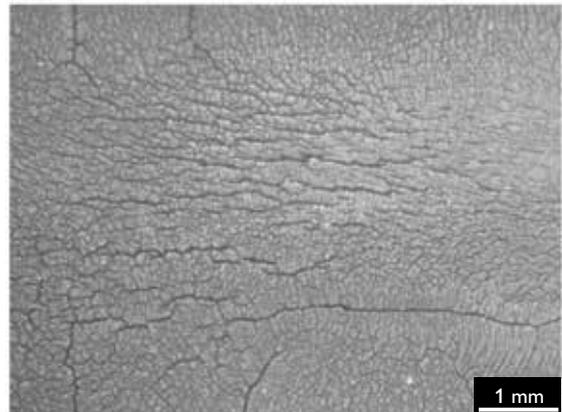
物理气相沉积(PVD),是在真空条件下,温度约200-550°C之间,在基体表面沉积一层耐磨性的薄膜的工艺。在PVD处理中,原材料如钛,铬或钛/铝被气化,然后冷凝下来在模具表面形成一层厚约1-4 μm 的薄膜。这层陶瓷化合物薄膜如常见的CrN(硬度约1750 HV)和TiAlN(硬度约3300 HV)沉积于模具表面应用于压铸模。

PVD涂层既可以单独应用,也可以在氮化的表面上再涂覆组成复合的形式。上图显示了铝压铸模的镶件经离子氮化后再加PVD TiAlN的复合涂层,可以很好地保护模具免受粘着。

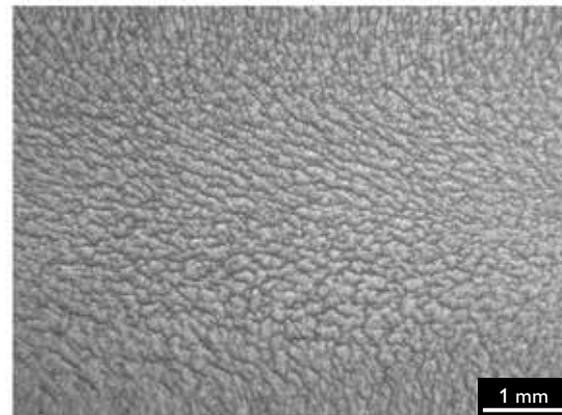
两种表面工程工艺相结合常常被称为复合表面处理,如前节提到的离子氮化处理加PVD-TiAlN处理。使用复合表面处理通过结合每种工艺的优势,达到增强表面特性的目的(和单独每一种工艺相比)。



复合表面处理氮化或软氮化结合后氧化处理,通常推荐应用于新的压铸模,因为它可以为模具遭受早期冲刷损坏提供保护(如腐蚀,侵蚀和粘着)。



离子氮化模具表面



喷丸和离子氮化模具表面

其他的复合表面处理包括喷丸和氮化或软氮化的结合处理。一个例子是ABP喷丸和离子氮化结合处理,它的效果体现在下面的两张对比图中。

压铸模应用产品表

一胜百钢种	特性 / 应用
DIEVAR	具有高的高温强度和极佳的韧性, 极佳的抗热龟裂性和抗开裂性。经特别研发, 比其他种类压铸模具钢有更高的抗潜在热龟裂性。即使在最大横截面上也有独特的均匀性能。这些独特的性能使其成为压铸模、锻造模和挤压模的最佳选择。
UNIMAX	很好地结合了高塑性和高硬度特性, 可以用于冷作模具、塑料模具和热作模具。当侵蚀是中小型压铸模的主要失效机理时, 如锌合金压铸, 也是很好的选择。
ASSAB 8407 SUPREME	经过电渣重溶处理, 拥有非常纯净及非常细小的组织结构。是高级H13级别, 比常规H13相比有明显更佳的等向性能, 有高级别的纯净度和均匀的组织结构, 使其特别适合于模具承受高应力的应用。符合NADCA #207-2008标准。
QRO 90 SUPREME	具有优异的高温屈服强度、抗回火性和热传导性。特别适合于铜和黄铜的压铸模, 尤其是小型模具。非常适合于产生热龟裂和侵蚀问题的铝压铸模镶件和型芯。
ASSAB 618	预硬态Ni-Cr-mo合金钢, 在310 HB硬度下交货, 适合于锌、铅和锡的压铸模, 也适合于模座和原型模。

化学成份

一胜百钢种	AISI (W.Nr.)	主要成份%							出厂硬度 Brinell
		C	Si	Mn	Cr	Mo	V	其他	
DIEVAR	-	0.35	0.2	0.5	5.0	2.3	0.6	-	~160
UNIMAX	-	0.50	0.2	0.5	5.0	2.3	0.5	-	~185
ASSAB 8407 SUPREME	H13 (1.2344)	0.39	1.0	0.4	5.2	1.4	0.9	-	~180
QRO 90 SUPREME	-	0.38	0.3	0.8	2.6	2.3	0.9	微量合金	~180
ASSAB 618	P20 改良 (1.2738)	0.37	0.3	1.4	2.0	0.2	-	Ni 1.0	~310

钢材物理特性比较图

一胜百钢种	抗回火性	热屈服强度	延展性	韧性	淬透性
DIEVAR					
UNIMAX					
ASSAB 8407 SUPREME					
QRO 90 SUPREME					

注: 钢种都在44 - 46 HRC 下测试, 除了UNIMAX在54 - 56 HRC。

材料抵抗不同失效机理能力比较图

一胜百钢种	热龟裂	整体开裂	侵蚀	凹陷
DIEVAR				
UNIMAX				
ASSAB 8407 SUPREME				
QRO 90 SUPREME				

注: 钢种都在44 - 46 HRC下测试, 除了UNIMAX在54 - 56 HRC。横条越长, 性能越好。

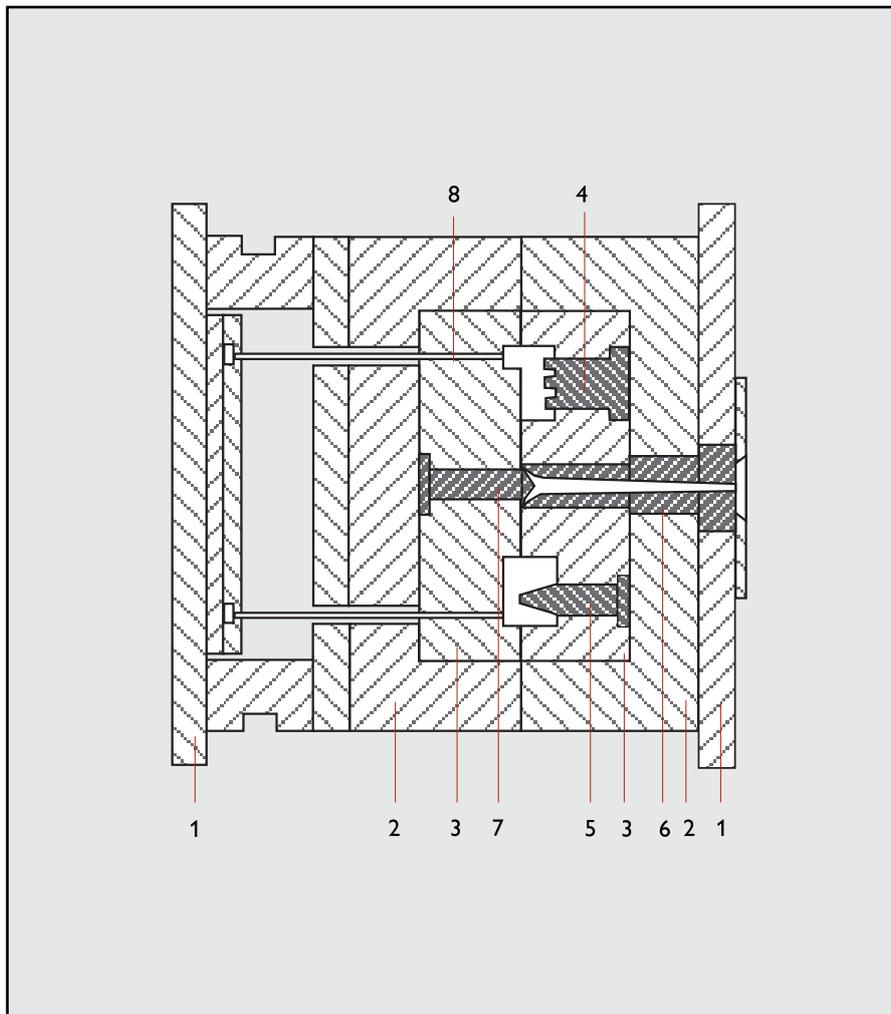
钢种及硬度的推荐

一般推荐

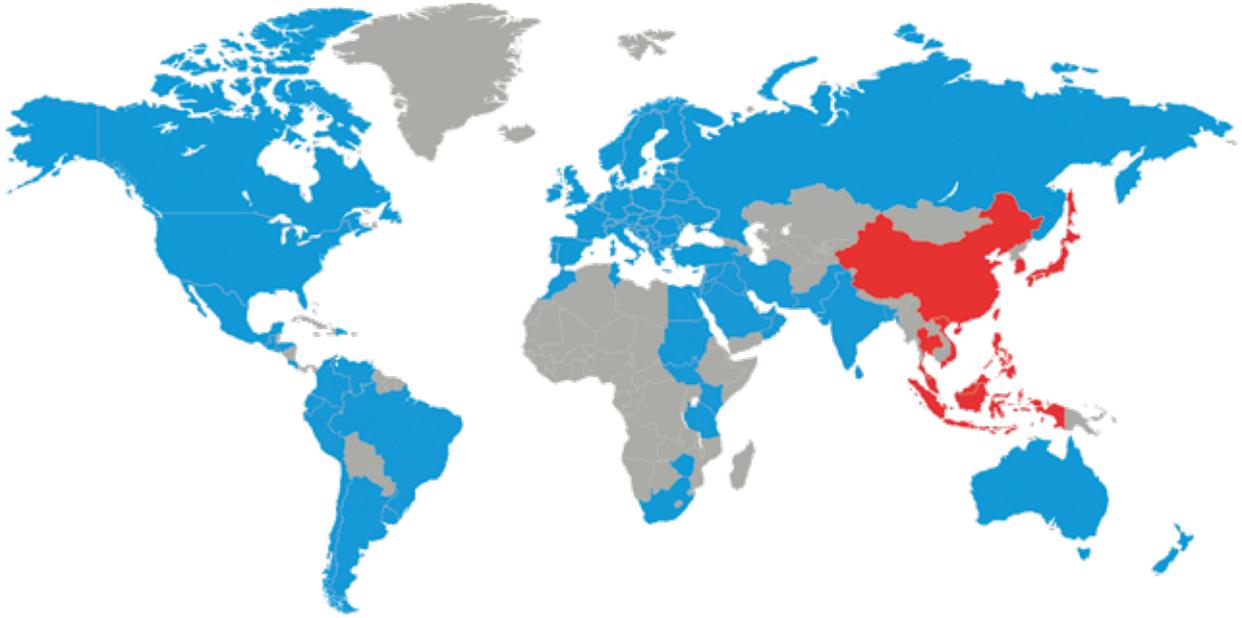
模件	锡 / 铅 / 锌		铝 / 镁		铜 / 黄铜	
模座板, 套板	ASSAB 618	~310 HB	ASSAB 618	~310 HB	ASSAB 618	~310 HB
型腔镶件	ASSAB 618	~310 HB	DIEVAR	44 - 50 HRC	QRO 90 SUPREME	40 - 46 HRC
	ASSAB 8407 SUPREME	46 - 52 HRC	ASSAB 8407 SUPREME	42 - 48 HRC	ASSAB 8407 SUPREME	40 - 46 HRC
	UNIMAX	52 - 56 HRC	UNIMAX**			
定模镶块 型芯	ASSAB 8407 SUPREME	46 - 52 HRC	DIEVAR	46 - 50 HRC	QRO 90 SUPREME	40 - 46 HRC
			ASSAB 8407 SUPREME	44 - 48 HRC		
			QRO 90 SUPREME	44 - 48 HRC		
芯杆	ASSAB 8407 SUPREME*	46 - 52 HRC	QRO 90 SUPREME*	44 - 48 HRC	QRO 90 SUPREME*	42 - 46 HRC
浇口部件	ASSAB 8407 SUPREME	48 - 52 HRC	ASSAB 8407 SUPREME	46 - 48 HRC	QRO 90 SUPREME	42 - 46 HRC
			QRO 90 SUPREME	44 - 46 HRC		
喷嘴	STAVAX ESR	40 - 44 HRC	ASSAB 8407 SUPREME	42 - 48 HRC	QRO 90 SUPREME	40 - 44 HRC
	ASSAB 8407 SUPREME	35 - 44 HRC	QRO 90 SUPREME	42 - 46 HRC	ASSAB 8407 SUPREME	42 - 48 HRC
顶针	QRO 90 SUPREME	46 - 50 HRC (氮化)	QRO 90 SUPREME	46 - 50 HRC (氮化)	QRO 90 SUPREME	46 - 50 HRC (氮化)
	ASSAB 8407 SUPREME		ASSAB 8407 SUPREME		ASSAB 8407 SUPREME	
冲头 射料	ASSAB 8407 SUPREME	42 - 46 HRC (氮化)	ASSAB 8407 SUPREME	42 - 48 HRC	QRO 90 SUPREME	42 - 46 HRC
			QRO 90 SUPREME	(氮化)	ASSAB 8407 SUPREME	(氮化)

* 推荐表面处理

** 对小型镁合金压铸铸件, 要求抗侵蚀性良好



- 1 模座板
- 2 套板
- 3 型腔镶块
- 4 定模镶块
- 5 型芯
- 6 主浇道 (喷嘴)
- 7 分流器
- 8 推杆/顶针



正确选择钢材至关重要。一胜百工程师和冶金学家可以随时辅助您，针对不同应用选择最合适的模具钢种，以及最佳的处理方式。一胜百不仅提供卓越品质的模具钢材，还提供世界最先进的机加工，热处理和表面处理服务，增强模具钢性能，满足最短交货期的需求。一胜百不只是一个模具钢的供应商，而且是提供一站式整体化解决方案的可靠的合作伙伴。

一胜百和Uddeholm遍布全球，不论您身处何地，确保您可以获得高品质的模具钢和当地支持。同时，我们继续确保作为模具钢的世界领导地位。

如需要更多信息，请浏览

www.assab.com



一胜百
微信账户二维码