

缸体缸盖铸件的材料性能问题

——车用中小型发动机灰铸铁缸体缸盖铸件生产工艺(4)

康宽滋

(江铃铸造厂,江西 南昌 330001)

摘要:叙述如何改善灰铸铁的综合性能,认为提高灰铸铁强度的途径主要是:(1)高温熔炼;(2)常规元素成分的选择;(3)恰当的孕育;(4)合金化。要降低铸铁的缩松倾向,最根本的措施是采用高的碳当量,尽量发挥石墨化膨胀的作用,并且要:(1)控制合理的孕育量;(2)优化合金化的方法;(3)适当降低铁液浇注温度;(4)快速高温熔炼,减少铁液氧化。指出铸铁的加工性能取决于断屑的难易和硬质相的分布状态;对 Mn、S 以及一些微量元素对加工性能的影响进行了讨论。

关键词:强度;缩松倾向;加工性能

中图分类号:TG251 **文献标识码:**B **文章编号:**1003-8345(2008)03-0015-07

On Properties of Gray Iron for Cylinder Block and Head Castings

——Casting Production Technology of Gray Iron Cylinder Block and Head for Medium-Small Vehicle Engine (IV)

KANG Kuan-zi

(Jiangling Foundry, Nanqiang 330001, China)

Abstract: How to improve overall properties of gray iron was described. The measures to increase the strength of gray iron are as follows: a) hi-temperature melting; b) optimizing contents of normal elements; c) inoculating properly; d) alloying. In order to reduce shrinkage tendency of gray iron, it's the basic measure to adopt high carbon equivalent and make full use of graphitization expansion, and besides, following measures are also necessary: a) controlling rational inoculant amount; b) optimizing alloying process; c) decreasing pouring temperature properly; d) melting fast and with high temperature to reduce iron melt oxidation. It's pointed out that the machinability of cast iron depends on whether its chips are easy to be broken or not and depends on the distribution morphology of its hard phase. The influence of manganese and sulphur contents, as well as some trace elements on machinability was discussed.

Key words: strength; shrinkage tendency; machinability

缸体缸盖铸件的材料不仅要有较高的强度,满足结构复杂而壁厚薄的要求,而且还必须具有优良的加工性能,以适应大量生产高度自动化高速切削的要求。然而,满足这些要求的熔炼工艺和铸造工艺措施往往是互相矛盾的,这就要求铸造工作者求得一种平衡,寻找最佳途径。

我们可以提出如下一些设想:

采用高 CE(3.9%~4.1%),通过孕育、低合金化措施,获得石墨化充分、石墨呈中等片状形态分布(A型)、珠光体量达 95%以上、铁素体少量、

抗拉强度大于 250 MPa 的铁液。高 CE 可以获得较好的铸造性能;孕育可以改善石墨形态,细化晶粒,恰当的低合金化则可以使基体组织的珠光体量达到较高的水平,从而使强度性能达到牌号要求;而所获得的中等片状的珠光体和一定量的铁素体,又能保证有较好的断屑性能,使铸铁具有较好的加工性能。

下面讨论提高铸件强度、改善其加工性能和减小其缩松倾向的工艺措施。

1 提高灰铸铁强度的途径

(1)高温熔炼

保证铁液有一定的过热(1 500~1 520 ℃)的

收稿日期:2007-04-24

修定日期:2007-10-11

作者简介:康宽滋(1943.6-),男,教授级高工,退休前为江铃铸造厂总工程师,长期从事铸造技术工作和管理工作。

最大好处在于可以消除生铁炉料中的粗大过共晶石墨,避免粗大石墨从液态遗传到固态,有利于改善石墨形态,从而提高材料的力学性能。因此,许多企业采用热风冲天炉,使用铸造焦,以及与感应炉双联等措施。

(2)常规元素成分的选择与优化

为获得好的铸造性能,首先要采用高 CE,这是生产薄壁高强度灰铸铁的前提。而在高 CE 的条件下,正确的常规成分的控制,是获得高强度的重要途径之一。

● $w(\text{C})$ 量的获得与控制。

冲天炉熔炼要尽量降低生铁炉料的用量,提高废钢用量,这样,在高温熔炼的条件下,可以提高渗碳率。以渗碳方式获得的碳活性好,石墨化作用更显著,铸件的石墨形态更好,分布更均匀,有利于提高力学性能,减小缩松倾向,改善加工性能,可谓一举三得。

实际上,按现在的市场情况,大比例的生铁用量也不经济。从材料性能上来说,与同样成分的高废钢用量相比,大比例的生铁用量获得的力学性能要低半个牌号。因此,大比例的生铁用量是不可取的。

电炉熔炼时(这里指感应电炉,下同),也是通过低生铁用量甚至零用量,然后用渗 C 的方式,来获得优质铁液的。

●在 CE 相同的条件下,适当提高 Si/C。

由于高 Si/C 比的 $w(\text{C})$ 量相对较低,其对基体的割裂作用减弱;而 $w(\text{Si})$ 量相对较高,它不仅是强烈石墨化元素,还因为在铁素体内的固溶强化(珠光体组织中 88%是铁素体),有利于铸铁强度的提高。某发动机缸体缸盖铸件生产企业,长期将 Si/C 比控制在 0.7~0.8 这样高的比例,材料综合性能良好且稳定^[1]。

高 Si/C 比的铁液还有“柔性之水”之称,有利于消除铸件边角处的白口。Si/C 比高时,在 CE 较宽的范围内,铸件薄壁处硬度不会太高,不会出现白口;厚壁处硬度也不会太低。这就是说,在一定程度上高 Si/C 比的铸铁加工性较好。

在 CE 相同的条件下,高 Si/C 比的铸铁,其残留应力低。这一特性在高牌号铸铁中更为明显。因此,高 Si/C 比的材料,其加工后的尺寸精度稳定性好。

但要注意的是,在共析转变时,过高的 $w(\text{Si})$ 量(或者说过高的 Si/C 比),会出现大量铁素体,会使铸铁的强度和刚性下降。所以, Si/C 比的高低,是一个相对的概念。随着 CE 的提高, Si/C 比应该有所降低。当 CE 较高时(3.95%~4.05%),采用高 Si/C 比,不能有效地或不能稳定地提高力学性能,而且可能由于高 CE 量和高 Si/C 比的双重作用,使石墨粗大,珠光体量下降,因而使抗拉强度下降。这时推荐采用 Si/C 比 0.55~0.65 较为合适。因此, CE 一定时, Si/C 比不是越高越好,而是要适当。

还有一点需要指出,在不加合金的条件下,随着 CE 和 Si/C 比的提高,试棒边缘珠光体量逐渐减少,石墨变得粗大。而当加入 Cr、Cu 合金后,即使 CE 在 3.4%~4.3%,而 Si/C 达到 0.36~1.1 这样大的范围,无论试棒的中心还是边缘,珠光体量都大于 90%,而且石墨长度未发生明显变化。这说明,非合金化的灰铸铁不能盲目追求高 Si/C 比,而合金化的灰铸铁,可以取较高的 Si/C 比^[2]。

●关于 $w(\text{S})$ 量的控制。

在灰铸铁中, S 不能被简单地认为是一个有害元素。生产中发现, $w(\text{S})$ 量在一定范围,能够改善石墨形态,使其呈细片状分布,并细化共晶团。在一定范围内,随着 $w(\text{S})$ 量的增加,片状石墨长度变短,石墨形态变得弯曲,而且石墨的头部变得圆钝,因此能提高铸铁的强度。

原因是 S 与 Mn 生成 MnS,起到石墨核心的作用。对于灰铸铁, $w(\text{S})$ 有一个临界值,大多数人认为这个临界值为~0.06%。实践证明,若 $w(\text{S})$ 量低于此下限, S 的有利作用逐渐减弱。因为 $w(\text{S})$ 低于 0.06%时, MnS 的量就处于很低的水平,孕育作用(效果)就差。因此当 $w(\text{S})$ 量低于这个值时,可以采取增 S 的方法来提高孕育效果。在电炉熔炼生产合成铸铁时,经常会遇到这种低 S 情况,通常都要增 S。

$w(\text{S})$ 量在 0.08%~0.12%,对提高灰铸铁强度是有利的,而且是安全的。高于这个范围, S 元素才会有害。我们可以把 0.12%作为 $w(\text{S})$ 量的另一个临界值。

由于 S 在这个范围内,通过孕育促进石墨化和改善石墨形态,得到细小的、弯曲的、头部圆钝

的、分布均匀的片状石墨。而石墨割裂了基体,因此有利于切削时断屑。所以这个范围的 $w(S)$ 量,也能改善铸铁的加工性能。

●控制 $w(Mn)$ 量在较低的水平(0.5%~0.6%)较为合适。

为了有利于提高灰铸铁的孕育效果,需要 $w(S)$ 量处于比较高的水平。较低的 $w(Mn)$ 量所生成的 MnS 并不过量,可以成为石墨结晶的核心,促进石墨化。如果 $w(Mn)$ 过高,铁液中 S 就被 Mn 中和, S 的相对含量就会减少,就会削弱 S 对灰铸铁的有利作用,与 $w(Mn)$ 量低时相比石墨形态较差,因而减弱了 S 对孕育的作用。

按传统观念把 Mn 作为提高强度的合金化元素,而 $w(Mn)$ 量提高会形成大量的 MnS 。除其中一部分可以成为石墨结晶的核心之外,还有一部分要形成密集的夹渣,割裂基体而降低铸铁的强度。有些高牌号灰铸铁生产企业,采用高 CE 量[所用冲天炉铁液的 $w(S)$ 量也高], $w(Mn)$ 量高达 0.9%~1.1%,强度仍难以提高,因而又增加合金加入量,造成不必要的浪费,增加合金成本,还使缩松倾向和白口倾向增大。因此, Mn 不能被简单看作是提高强度的合金元素。在较高 CE 和较高 $w(S)$ 量的时候,较低的 $w(Mn)$ 量才可以提高灰铸铁的强度。

(3) 孕育

孕育的作用是:促进石墨化,改善石墨的形态、分布与大小(或获得细小共晶团,增加共晶团数量);降低铁液凝固过程中的过冷度,消除自由渗碳体,减小白口倾向,消除边角处的白口;降低截面敏感性,提高截面均匀性;消除渗碳体、过冷石墨等不良组织对力学性能的影响,提高强度等。

采用不同的孕育剂和不同的孕育工艺方法(改变孕育量、加入方法、加入的时间点、孕育温度、原铁液的成分要求等),会有不同的孕育效果。有关这方面的问题,可参考其它资料。

以下几个问题值得注意:

●孕育要适度

孕育过度会使共晶团数过高,促使铁液呈“糊状凝固”,并且由于共晶石墨化膨胀造成型壁位移,增加缩松倾向而导致渗漏。采用含 Sr 孕育剂,加入量可大为减少,孕育效果却很显著,可以将共晶团数控制在较低的水平,避免因孕育过量

引起缩松缺陷。对于发动机缸体缸盖类铸件,建议共晶团数控制在 320~450 个/ cm^2 。

●原铁液 $w(Si)$ 量的选择要有利于孕育

实践发现,降低原铁液 $w(Si)$ 量而加大孕育量,铸铁的力学性能并不比高 $w(Si)$ 原铁液通过适量孕育所得到的力学性能好。在孕育量约为 0.4% 的前提下,结合 CE 的要求来决定原铁液 $w(Si)$ 量才是合理的。很多企业的原铁液 $w(Si)$ 量较低,采用大孕育量(如达到 0.6%~0.7%),这样的做法会增加铁液的缩松倾向。

通常说强化孕育,不是加大孕育剂的用量,而应该是指选择合适的优质孕育剂,改进孕育工艺方法。

上述几点可归纳为:高 CE 条件下,适当高的 Si/C 比、较高的原 $w(Si)$ 量、低的孕育量,可以获得缩松倾向小、残留应力水平低而强度较高的优质铸铁。

(4) 合金化是强化铸铁的另一重要途径

在灰铸铁生产中,常常在进行孕育处理的同时,在包内加入少量合金元素,进行低合金化。对相同的原铁液,通过不同的孕育处理和不同的低合金化,可以得到不同牌号和不同性能的铁液,也可以通过这种方法得到同一牌号而满足不同壁厚铸件的要求。

合金元素之所以对灰铸铁的性能产生影响,是因为合金对 $Fe-C$ 相图和其结晶产生影响。大部分常用合金在合适的加入量范围,会促进珠光体的生成、稳定珠光体并能部分细化珠光体、强化铁素体,从而提高灰铸铁的抗拉强度和硬度。

常用合金元素的石墨化能力不一。有的石墨化作用轻微,多数则是阻碍石墨化,其中有的是强烈阻碍石墨化。这是合金化时会增加铁液的缩松倾向、白口化倾向并影响加工性能的原因所在。了解这一点后,我们就要在合金化时设法“趋利避害”。

常用合金元素中, Sn 、 Sb 、 Cu 、 Cr 是强烈稳定珠光体的元素,但它们细化珠光体的作用甚微;而 Mo 、 Ni 、 V 是细化珠光体的元素,但不能消除基体中的铁素体。

基体中含一定量铁素体和完全是珠光体的基体,抗拉强度之差可以达到 30 MPa 左右。而粗、细珠光体之间的抗拉强度之差,可达 100

MPa。因此,细化珠光体比增加珠光体量对提高强度的作用,更加明显而有效。

通常我们会根据需要,并根据合金元素对石墨化、基体中铁素体、珠光体及其稳定程度与细化程度的影响,来选择合适的合金元素和恰当的合金化的量。

实践中不可能用合金化方法来促进石墨化。更多是通过合金化来寻求提高强度和硬度。由于一些能促进珠光体形成,稳定珠光体,细化珠光体的合金元素,会强烈阻碍石墨化,因而会增加铸铁的缩松倾向和白口倾向,也增加铸件的残留应力。所以生产实践中常常会有这样的做法,即用 Cu、Ni 来中和 Cr、V 在提高强度的同时所引起的白口倾向。

因为合金化会增加铸铁的缩松倾向和白口倾向,增加生产成本,对于缸体缸盖铸件,有时候也可以不采用合金化措施。但不进行合金化的时候,为达到强度要求,必然采用较低的 CE。这时,对铁液的成分控制十分严格,稍有不慎就达不到强度要求。此时,由于 CE 较低,铸铁的缩松倾向也会增大,其铸造性能也较差。采用合金化措施最大的好处是,可以在较高 CE 的化学成分范围内,既保证良好的铸造性能,又达到力学性能的要求,也就是工艺控制更为方便。换言之,在保证良好的铸造性能的同时,可以更容易更稳定地达到强度方面的要求。

合金化的另一个好处是,不但可以提高灰铸铁的常温强度和硬度,还可以提高灰铸铁的热稳定性和热疲劳强度,这对缸盖的高温工作区是十分有利的。

灰铸铁合金化通常是采用低的合金用量。不同的元素,其量都有一个恰当的范围。总之,不要把合金化看成是提高铸铁强度的唯一途径而滥用,也不要盲目选用合金元素,更不能误以为合金元素加入越多越好,用量越大越好。

2 缸体缸盖铸件材料的缩松倾向

在灰铸铁生产中,为提高强度所采取的措施,例如孕育、合金化等,如果方法不当,会使得铁液的缩松倾向加大。因此,高强度灰铸铁牌号越高,其缩松倾向问题就会更加突出。

从前面的论述中可以看出,要降低铸铁的缩

松倾向,最根本的措施是采用高的 CE,最大限度地促进石墨化,发挥石墨化膨胀的作用。在此前提下,总是要采取孕育与合金化等提高强度的措施。为了在保证高强度的同时,减小铸铁的缩松倾向,从冶金过程的角度考虑,可以有如下一些措施。

(1) 电炉熔炼

电炉熔炼条件下,影响铸铁缩松倾向的环节是增 C。生铁中有许多粗大的过共晶石墨,这种粗大的石墨具有遗传性;特别是低温熔炼时,粗大的石墨难以消除,就会遗传到固态铸铁组织中,一方面降低铸铁的强度,另一方面使凝固过程中本来应该产生的石墨化膨胀作用被削弱,因此多用生铁会使铁液凝固过程的缩松倾向增大。

铁液凝固过程中的石墨化产生体积膨胀,因此良好的石墨化能减少铁液的缩松倾向。所以增碳有利于防止或减轻缩松倾向。在少用生铁,甚至不用生铁的情况下(如合成铸铁),为达到较高的 CE,就需要增 C。

电炉熔炼条件下,增 C 技术的核心是使用高质量的增 C 剂,这是增 C 工艺中最重要的一环。增 C 剂的质量好坏决定了铁液质量的好坏,也决定了能否获得好的石墨化效果。换句话说,减少铁液缩松倾向,主要取决于增 C 剂。

只有经过高温石墨化处理的增 C 剂,碳原子才能从原来的无序排列变成片状排列,才能成为石墨形核的最好核心,从而有利于石墨化。因为高温石墨化处理时,S 生成 SO_2 气体逸出,所以优质增 C 剂的 $w(S)$ 量很低($<0.03\%$)。这也是判断增 C 剂是否经过高温石墨化处理以及石墨化是否良好的一个间接指标。

由于加入的活性较高的增 C 剂提高了石墨化能力,因此采用少加生铁,或不加生铁而全用废钢熔炼的工艺,铁液的缩松倾向反而比多用生铁时更小。

(2) 冲天炉熔炼

冲天炉熔炼由于必须使用较多数量的生铁难以生产合成铸铁。高温熔炼是冲天炉熔炼最关键的技术。因为高温熔炼可以有效消除生铁中粗大石墨的遗传性,而且高温熔炼可以提高渗 C 率,从而可以减少配料中的生铁加入量。而通过高温焦炭实现渗 C 方式获得的 C 活性好,反映

在铸件上就是石墨化更充分,石墨形态更好,分布更均匀。石墨形态好,就能提高材料的力学性能、切削性能;石墨化效果好,石墨化更充分,就能减少铁液的缩松倾向。

采用热风冲天炉,使用固定C量高、反应性能好的铸造焦,可以获得高的熔炼温度;又由于低的生铁用量,就能获得好的增C效果。

①控制合理的孕育量,也能减少铁液的缩松倾向。

上文阐述过孕育应适度的问题,现举例说明。

当以SiFe作孕育剂时,其用量约0.4%就能达到强度要求,且引起的缩松倾向小,但容易产生孕育衰退。为防止孕育衰退,我们改为用SiBa作孕育剂,其用量如仍然维持0.4%,由于SiBa的石墨化作用更强烈,则会引起较大的缩松倾向,但其发生孕育衰退的时间较长。为了既达到强度要求,又减小缩松倾向,SiBa孕育剂的用量应减少至0.3%以下。如果采用SiBa(约0.2%)与SiFe复合孕育,则会取得更好的效果,既能防止孕育衰退,达到强度要求,又能减小缩松倾向。

控制孕育量,还与原铁液的 $w(\text{Si})$ 量控制有关。从减少铸件收缩的角度考虑,希望孕育量较低,使孕育所带入的 $w(\text{Si})$ 量少一点。为保持较高的CE,原铁液的 $w(\text{Si})$ 就要多一点。换言之,要减小铸件的缩松倾向,就必须在保证孕育充分的基础上,提高原铁液中的 $w(\text{Si})$ 量。所以,比较合理的做法是,提高原铁液的 $w(\text{Si})$ 量,而孕育量推荐控制在大约0.4%。这样,既能发挥原铁液中较高 $w(\text{Si})$ 量的固溶强化作用,提高力学性能,又能减少铸件缩松倾向。

至此,我们对 $w(\text{Si})$ 量的控制涉及到三个方面:一是高CE,二是取适当高的Si/C比,三是提高孕育前的 $w(\text{Si})$ 量。只有这样,所获得的铁液,才有较高的强度,良好的铸造性能和较低的残留应力。

总之,在保证充分孕育的前提下,尽可能采用低孕育量。在此基础上,提高原铁液的 $w(\text{Si})$ 量。这就是孕育及 $w(\text{Si})$ 量控制的原则。

从工艺控制来说,希望孕育量相对稳定,不能有大的变化。这就要求原铁液的 $w(\text{Si})$ 量也要相应稳定,才能稳定地生产出既符合强度要求,又能保证缩松倾向比较小的铁液。我们往往比较

注重 $w(\text{C})$ 量的控制,但对 $w(\text{Si})$ 量的控制不十分严格,误以为多一点或少一点无关紧要,能保证强度就行。殊不知,这样只保证了强度,但缩松倾向的波动较大。这就是为什么看起来化学成分没什么大问题,但缩松渗漏比例较高的原因之一。

②优化合金化方法,减小铁液的缩松倾向。

合金化措施能有效地提高铸件材料的力学性能。常用的合金元素有Cr、Cu、Sn、Mo、Ni。其中Mo与Ni价格较贵。

Cr能强烈促进并稳定珠光体,所以能有效提高灰铸铁的强度。但Cr的加入量太大,会出现碳化物,还会增加缩松倾向。Cr的最大允许加入量应以不出现碳化物、不出现白口、并且不出现缩孔、缩松缺陷为限。这个上限,因不同的加入方法,会有所不同,甚至差别较大。如果Cr加入到炉内,原铁液的 $w(\text{Cr})$ 量上限不能超过0.35%。否则,会使白口倾向和缩松倾向加大;如果Cr不是加入炉内,而是用冲入法加到浇包中,能大大减轻铁液的白口倾向和缩松倾向。与炉内加入相比,同样的 $w(\text{Cr})$ 量,白口倾向和缩松倾向会减小一半以上。采用这种加入方式, $w(\text{Cr})$ 量的上限可以提高到0.40%~0.45%。

Sn也是强烈促进并稳定珠光体的元素,但因其并不阻碍石墨化,不会增加白口倾向和缩松倾向,较Cr和Mo要缓和一些。其常用加入量为0.03%~0.08%。

Mo的特性与Cr非常相似,只是它的细化珠光体的作用更突出。细片状层间距的珠光体不但强度明显增高,韧性也明显增强,这是不利于断屑的,因此对改善加工性能是不利的。又由于Mo的价格昂贵,加Mo会大幅度增加成本,因此,尽可能少加Mo,多加些Cr。

总之,采用冲入法加入Cr、Sn、Mo等合金进行合金化,是减少因合金化而造成缩松倾向与白口倾向增大的有效措施。

③适当降低铁液浇注温度,可明显减小铸铁的缩松倾向。

铁液浇注温度高,则缩松倾向大,这是共识。工艺上制定合理的浇注温度范围并严格遵守非常重要。如果实际浇注温度高于工艺规定的温度20~30℃,缩松倾向就会大幅增加。依此道理,如果电炉的熔炼温度已经达到浇注温度,就一定要

将电炉温度锁定在保温状态,否则,随着浇注时间的推移,温度会越来越高,浇注的铸件产生缩孔缩松缺陷就不可避免了。

④快速高温熔炼,是减少铁液氧化,防止缩松倾向增大的重要措施

冲天炉熔炼温度低时容易产生铁液氧化现象,在电炉内长时间保温,也会增大元素烧损氧化的倾向。氧化除了会增加二次渣量外,也会增加缩松倾向。为降低氧化倾向,应遵循冲天炉高温熔炼,电炉快速熔炼的原则。而在双联熔炼时,就是在电炉内要快速调整温度和成分,要尽可能避免长时间等待浇注或大容量铁液过夜保温。

最后,为了减少缩孔或缩松缺陷,还应当适当提高铸型的紧实度,以便铁液在凝固过程中发生石墨化膨胀时,防止或减轻型壁位移所造成的铸件缩孔或缩松缺陷。

3 缸体缸盖铸件材料的加工性问题

铸件的加工性能是指机械加工时,被切削的铸件材料对刀具的磨损程度,或者说刀具的耐用程度。刀具的寿命,与刀具本身许多工艺因素有关,如刀体结构、材料、涂层、角度、切削参数等,也与冷却条件和机床刚性等有关,当然还与被切削材料的性能有关。我们要讨论的是在相同切削条件下,如何改善铸铁的切削加工性能问题。

3.1 铸铁的加工性能取决于断屑的难易

现代汽车制造业的高速切削速度已达到 800 m/min,刀具的冷却方式是风冷。切削刀具的磨损应该主要是由于温度升高而引起的。而温度的升高,是因为断屑不好所造成的。难以断屑的材料,使刀具寿命降低;易于断屑的材料,其加工性能就好。任何影响断屑的因素,都会影响到刀具的寿命。断屑性能的好坏,是影响刀具寿命的最主要的因素。

由此可知,改善高强度灰铸铁(如 HT250)的加工性能,应该是在保证材料的抗拉强度的前提下,避免追求过高的韧性,因为高韧性是不利于断屑的。这也是球铁和蠕铁的加工性能不如灰铁的原因。由于同样的原因,为提高灰铸铁的强度,一般加入 Cr、Sn,而不用或少用 Mo、V 等元素。为保证灰铸铁有较高的抗拉强度,要求其基体组织中的珠光体量在 95%以上,而且希望珠光体为中

等间距层片状,而非细片状,因为前者更有利于断屑,后者则利于提高韧性而不利于断屑。Cr、Sn 正好符合这样的要求,Mo、V 则明显地既提高强度,又提高韧性,因为它们能细化珠光体。细片状珠光体不仅使材料的强度提高得更明显,韧性也提高很多,造成断屑困难,使加工性能变差,这是我们所不希望的。

此外,基体组织中,也希望有一定量的铁素体(1%~5%),因为铁素体较之珠光体,强度与硬度都较低,有利于切屑剥离。而石墨形态方面,希望最好是细片状弯曲的且头部是圆钝的石墨。这样的石墨形态,既有利于提高基体强度,又有利于断屑而改善加工性能,提高刀具寿命。因此,希望 HT250 缸体缸盖铸件,具有 A 型 4~6 级的石墨。

3.2 硬质相对加工性能的影响

在金相检查时,我们发现铸铁基体内的硬质相有碳化物、氮化物、磷共晶等。它们有两种形态分布,一种是呈弥散型分布在晶界上;另一种是呈游离态块状分布。

当呈弥散型晶界分布时,它们虽然硬度都很高,但切削时,刀具不是从硬质点上强行挤压过去,而是把这些微小硬质点从材料基体上剥落下来,其阻力不是很大。所以这种情况引起的刀具磨损较小。多家汽车企业都发现,进口缸体缸盖毛坯硬质相的量与国产毛坯相当,然而进口毛坯的加工性能表现更好。这说明,虽然弥散分布的硬质相会对刀具产生一定的摩擦,对刀具的寿命有一定的影响,但不是影响加工性能的主要原因。

当硬质相呈游离块状分布时,切削时就不是简单地从基体上剥落下来,而是被挤压下来。显然,这种硬质相会使刀具产生较大的摩擦磨损,对刀具寿命的影响是极大的。基体组织内块状游离分布的硬质相数量越多,刀具的寿命越短。

两种形态与分布的硬质相,都使刀具受到摩擦,只不过程度不同而已。因此摩擦磨损就成为硬质相对刀具寿命影响的主要形式。

相对来说,晶间碳化物摩擦磨损要小得多。但从减少摩擦考虑,弥散分布的晶间碳化物等硬质相的总量还是应该控制在一定的水平上,不能超过这个总量,否则会增加摩擦磨损。这个总量

一般都认为是 $\leq 3\%$,实际生产中都能控制在 $1\% \sim 3\%$ 。实际上在正常的发动机缸体缸盖铸件生产中,出现游离分布块状硬质相的情况不多。

3.3 恰当的 $w(\text{Mn})$ 、 $w(\text{S})$ 量对加工性能的影响

前文提到,灰铁中的 Mn 和 S 是两个比较特殊的元素。由于 Mn 与 S 要形成 MnS 夹杂物,二者的作用不是那么单纯。其中有它们的联合作用,也有各自的单独作用。

在高 CE 灰铸铁中, $w(\text{S})$ 较高,如果 $w(\text{Mn})$ 也取较高值,那么 Mn 与 S 会生成大量的 MnS,除其中一部分可成为石墨结晶核心之外,过量的 MnS 则成为夹杂聚集而割裂基体,因而不利于提高铸铁的强度。这时如果进一步采取合金化措施,或者增加合金的用量,使 $w(\text{Mn})$ 量过高,不但没有达到提高强度的目的,还会造成不必要的浪费和增大缩松倾向及白口倾向,加工性能自然也会变差。

S 并非单纯是一个有害元素。生产实践证明,在 CE 量较高的情况下, $w(\text{S})$ 的最佳范围是: $0.08\% \sim 0.12\%$ 。在这个范围内,S 与 Mn 形成的 MnS 夹杂,部分可作为形核核心,细化共晶团;随着 $w(\text{S})$ 量的增加,石墨片变细、变短、变弯,头部变得圆钝,因而利于提高力学性能。因为细小的片状石墨较之其它形态的石墨虽然提高了抗拉强度,但毕竟割裂了基体,不会提高其韧性,使切削时容易断屑,所以对改善加工性能也是有利的。

归纳起来说,在高 CE 的高强度铸铁中, $w(\text{Mn}) > 0.5\%$,对提高强度不利; $w(\text{S}) < 0.06\%$,不利于改善孕育和石墨形态,以及改善加工性能,而 $w(\text{S}) > 0.12\%$ 则是有害的。推荐最佳 $w(\text{S})$ 量控制范围是: $0.08\% \sim 0.12\%$,这时 Mn 取较低的量(约 0.5%)。这样的化学成分,由于能改善石墨形态,既提高了强度,也有利于断屑,有利于改善灰铸铁的加工性能。

总结以上所述,为改善材料的加工性能,从本质上讲,一是提高材料的断屑性能(为此只可以提高强度但不能提高韧性),这是矛盾的主要方面,是提高刀具寿命的主要途径;二是降低增强摩擦的物质的数量与大小,其分布形态不应是块状游离分布,而应是弥散型的晶间分布,总量 $\leq 3\%$ 。

这里要特别指出,微量元素 B、Sb、V、Ti 等微

量元素,对刀具寿命影响极大。建议控制量: $w(\text{Ti}) < 0.05\%$, $w(\text{B}) < 0.03\%$, $w(\text{Sb}) < 0.05\%$, $w(\text{V}) < 0.01\%$ 。它们的碳化物尤其不能以大块状游离分布。这些元素的控制,主要通过对炉料如生铁和废钢的控制来实现。

参 考 文 献

- [1] 马宝山,孙明.改善发动机缸体铸件加工性能的措施.现代铸铁. 2006,26(6):19-23.
- [2] 胡家骢,袁亚娟.对提高缸体和缸盖铸铁件材料的几点看法.现代铸铁,1998,(2):59-62.

(编辑:周 豆,E-mail:zhougen@fawfc.com)

《现代铸铁》征集通讯员的启事

为增进《现代铸铁》杂志与读者的广泛联系与交流,使刊物贴近生产,并能真正做到“为读者提供实用的技术信息和基本的商业信息”,现代铸铁编辑部现面向国内铸造企业、科研院所征集通讯员。条件:(1)从事铸造技术工作和管理工作;(2)每年投稿或推荐两篇以上(包含两篇)符合刊物刊登内容的稿件。权利:(1)将获赠全年《现代铸铁》纸质与光盘版杂志一份;(2)获赠我刊主题活动资料一份;(3)稿件优先录用;(4)可对办刊方向进行建言。

欢迎您与我们联手努力,为我国铸造事业的繁荣贡献力量。有意向的朋友请认真填写回执表,以方便我们联络您。

联系地址:(214174) 无锡市惠山开发区惠成路 99 号现代铸铁编辑部,联系人:杨杨,电话:13771172250,传真:0510-85405970,电子邮箱:xdzt_yy@fawfc.com。

《现代铸铁》征集通讯员回执表

姓名		性别		年龄	
职务/职称					
电话		传真			
手机		邮编			
工作单位					
通讯地址					
E-mail					