



楼良鸿 盛知恒 编

船舶柴油机修理工艺

人民交通出版社

内 容 简 介

本书着重介绍船用柴油机主要零件的修理工艺和易损零件的制造工艺，并介绍了一些实际生产中的好经验。本书对修理工艺作了深入浅出的说明，尽量从柴油机的原理来分析，而避免引用深奥的计算公式。书中还叙述了修船厂中如何正确选择合理的工艺方法和技术措施，还介绍了船用柴油机的装配和试验要求。

本书适合从事船用柴油机修理的工人同志及船舶轮机工人同志、技术人员作参考。

船舶柴油机修理工艺

楼良鸿 盛知恒 编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷二厂印

开本：850×1168 1/32 印张：9 1/4 插页：3 字数：250 千

1970年8月 第1版

1973年6月 第1版 第2次印刷

印数：20,401—55,400册 定价：1.00元

毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

社会的财富是工人、农民和劳动知识分子自己创造的。只要这些人掌握了自己的命运，又有一条马克思列宁主义的路线，不是回避问题，而是用积极的态度去解决问题，任何人间的困难总是可以解决的。

目 录

第一章 船用柴油机修理工艺基本知识.....	3
第一节 概述	3
一、柴油机修理工艺的特点	3
二、分级修理法	3
三、船用柴油机修理工艺的要点	8
四、铸造零件的工艺性要求	10
五、焊接零件的工艺性要求	10
第二节 材料和热处理	11
一、活塞的工作条件和材料要求	11
二、活塞销的工作条件和材料要求	12
三、金属零件的热处理	13
四、热处理规范简介	25
第二章 船用柴油机零件的修理工艺.....	29
第一节 气缸盖	29
一、气缸盖的修理	29
二、气缸盖阀座的修理	40
第二节 气缸套	44
一、气缸套的磨损	44
二、气缸套的检查	47
三、气缸套的修复工艺	49
四、气缸镶套修复工艺	58
五、气缸套镀铬修复工艺	61
六、气缸套的技术要求	62
第三节 气缸体（机体）、机架、机座组的修理	64
一、气缸体的缺陷	64
二、气缸体的修理	64
三、机架的修理	67
四、机座组的修理	74
第四节 运动部件的修理	82
一、活塞的缺陷和修理	82

二、活塞销的修理	93
三、活塞环配制	97
四、连杆的修理	108
第五节 曲轴	116
一、曲轴的加工工艺	116
二、曲轴的修理	126
第六节 轴承	157
一、轴承的磨损、损坏与修复	157
二、铜铅合金轴承的制造	160
第七节 配气机构主要零件的修理	169
一、气阀	169
二、凸轮	174
三、弹簧	177
第八节 燃油系统主要零件的修理	180
一、燃油系统概述	180
二、精密偶件的损耗特征	187
三、精密偶件的修理	191
四、精密偶件的检查内容和方法	205
第三章 船用柴油机的装配、安装和调整	213
第一节 船用柴油机装配的特点	213
一、概述	213
二、船用柴油机常用的公差和配合	216
三、船用柴油机主要零件的表面光洁度	220
四、装配工作中常遇到的几个基本名称的含义	222
五、船用柴油机装配前的检验	223
第二节 船用柴油机的装配和安装	224
一、机座的装配	224
二、主轴承与曲轴的安装	231
三、主轴承修刮量的确定方法	235
四、气缸箱(气缸体)的安装定位	238
五、气缸体(机体)的装配	251
六、运动部件在车间内的装配	258
七、运动部件在船上的装配校中	270
八、气缸盖的装配	278
第三节 船用柴油机的调整、试验和故障排除	281
一、船用柴油机的调整和试验	281
二、试验中故障的原因分析和消除方法	289

第一章 船用柴油机修理工艺基本知识

第一节 概 述

一、柴油机修理工艺的特点

“工艺”就是把材料变成成品或半成品的各种生产加工的方式、方法。修理工艺和制造工艺是有所区别的，尤其表现在生产数量上修理生产往往是单件的，原始技术资料往往也比较缺乏以及柴油机的技术要求较高等方面，再加上各种柴油机的类型和特征的不同，因此船用柴油机的修理工艺方法很难笼统规定，必须按照各种零件的结构特点和技术要求采用不同的具体工艺进行修理。

修理生产的特点是：广泛采用通用机床，最大限度地使用高效率的工夹具及专用工具，以及大量的钳工修配研刮工作；但是像活塞环、轴承等等零件还可以成批生产。

这里应该指出：我国成批生产的各类柴油机装于船舶上的数量越来越多，柴油机工厂也将能够提供大批的维修配件如活塞、气缸套、活塞销、活塞环、轴承等，这给修理工厂提供了极为有利的条件，使它们能够减少设备添置费用，合理地配备各工种。

二、分级修理法

一台全新的柴油机使用到报废为止，中间要经过很多次修理。如果每次修理都是见机行事，修到能用就行了，而每次修理中对零件的尺寸都不作合理的“分级”要求，那么每台机器的修理工作与其他机器的修理将互不发生关系。这种“单打一”的修理方法是既费时又费物的。如果能制订一种制度，使得各次修理

中零件尺寸按照一定的级别去加工，那么修理工作就会大大简化。例如：有一根曲轴，全新时的主轴颈是 $\phi 300$ 毫米，经过一阶段工作，磨出了椭圆，我们可以规定第一次整圆修理为 $\phi 299.5$ 毫米；第二次修理为 $\phi 299$ 毫米；第三次修理为 $\phi 298.5$ 毫米，并根据强度计算决定当轴径小于295毫米时报废。我们知道：当轴颈经过修理缩小时，轴承尺寸也要相应缩小，否则就不能很好地配合。既然我们规定了每次主轴颈的修理尺寸，那么我们就可以根据每次修理尺寸预制好许多轴承，如 $\phi 299.5$ 的、 $\phi 299$ 的、 $\phi 298.5$ 的轴承。这样，在遇到第一次修理的曲轴时，拿 $\phi 299.5$ 的轴承一装就行了，同样，遇到第二次修理的曲轴时，拿 $\phi 299$ 的轴承直接可用，不必临时生产，可以大大缩短修理周期。

使用分级修理法还可以使一些机床专门做某种尺寸的零件，生产专门化，大大提高机床设备的工作效率。

分级修理法是把小批的、单件的修理生产引向成批的、大量生产的好方法。这种方法在汽车修理厂中早已广泛采用，修船厂中也可以考虑推广使用。

没有一定的修理尺寸制度，就无法预制配件，例如由于曲柄销颈的尺寸经过多次磨损和无计划的修理，修理尺寸事前无法确定，与它配合的轴承也就无法预先制好，非要等曲轴修好以后现配不可，这将直接影响修理时间，而且难以保证质量。

“分级修理法”是根据相互配合零件的组合间隙、磨损情况和施工的条件确定它们修理后的分级尺寸，对于其中价值较贵及尺寸较大的零件，应当尽量保留，以便加工修整，与它配合的另一个零件则按照规定的尺寸重新配制。这样，经过修理以后，这对组合零件虽然改变了原有尺寸，但却恢复了最初的配合间隙和原来的工作性能。更重要的是修理后的尺寸乃是规定的分级尺寸，因而就可能将欲调换的零件事前制好准备应用。

选择分级修理尺寸的原则是：当一对组合零件磨损后，为了恢复它们的几何形状，用光磨法扩大（或缩小）一个零件的直径尺寸时，也要相应地缩小（或扩大）另一个零件的直径尺寸。而

每次扩大或缩小的尺寸应成为等差的。

1. 如轴为保留的一个面的情形。

轴的直径分级尺寸为：

$$\begin{aligned} D_H \\ D_1 = D_H - W \\ D_2 = D_1 - W \\ D_3 = D_2 - W \\ \dots\dots\dots \end{aligned}$$

式中： D_H ——新轴的标准直径；
 D_1 ——轴第一级修理尺寸；
 D_2 ——轴第二级修理尺寸；
 D_3 ——轴第三级修理尺寸；
 W ——每次修理尺寸差值。

孔的直径分级尺寸为：

$$\begin{aligned} D'_H \\ D'_1 = D'_H - W \\ D'_2 = D'_1 - W \\ D'_3 = D'_2 - W \\ \dots\dots\dots \end{aligned}$$

式中： D'_H ——孔的标准直径；
 D'_1 ——孔第一级修理尺寸；
 D'_2 ——孔第二级修理尺寸；
 D'_3 ——孔第三级修理尺寸。

2. 如孔为保留的一个面的情形。

孔的直径分级尺寸为：

$$\begin{aligned} D'_H \\ D'_1 = D'_H + W \\ D'_2 = D'_1 + W \\ D'_3 = D'_2 + W \\ \dots\dots\dots \end{aligned}$$

轴的直径分级尺寸为：

$$D_H$$

$$D_1 = D_H + W$$

$$D_2 = D_1 + W$$

$$D_3 = D_2 + W$$

.....

修理尺寸差额 W 的确定应根据零件组合性质、磨损后之失圆情况及恢复几何形状的加工光磨余量等因素来决定。下面就气缸与活塞组合、轴与轴承组合等的具体例子说明如下：

1. 气缸与活塞组修理尺寸差额 W 应为：

$$W = \frac{S_M - S_H}{2} + F$$

式中： S_M ——组合件最大磨损极限间隙（毫米）；

S_H ——组合件装配间隙（毫米）；

F ——加工光磨余量（毫米）。

例如国产 6-160 小型柴油机，气缸直径 160 毫米， $S_M = 0.60$ 毫米， $S_H = 0.30$ 毫米， $F = 0.30$ ，则

$$W = \frac{0.60 - 0.30}{2} + 0.30 = 0.45 \text{ (毫米)}$$

又如 G.M.71 型柴油机，气缸直径 107.95 毫米， $S_M = 0.35$ ， $S_H = 0.15$ ， $F = 0.30$ ，则

$$W = \frac{0.35 - 0.15}{2} + 0.30 = 0.40 \text{ (毫米)}$$

通过上面两个实例的计算，可以确定气缸直径在 160 毫米及以下的修理尺寸差额 W 一般可定为 0.40~0.45 毫米之间。而气缸直径在 160 毫米以上者，则 W 可取为 0.50 毫米以上。

2. 轴与轴承组修理尺寸差额 W 为：

$$W = \left(\frac{S_M - S_H}{1 + E} \right) \times A + \delta + F$$

式中： E ——轴承较轴颈易损系数；

A ——轴颈光磨年限（年）；

δ ——失圆度（毫米）。

例如 G.M.71 型柴油机，主轴颈直径 = 88.9 毫米， $S_M = 0.15$ ， $S_H = 0.05$ ， $E = 5$ 倍， $A =$ 假定三年，每年假定磨耗轴承一次，则

$$W = \left(\frac{0.15 - 0.05}{1 + 5} \right) \times 3 + 0.075 + 0.125 = 0.25 \text{ (毫米)}$$

式中轴颈磨耗量为 0.05 毫米，失圆度为 0.075 毫米，光磨加工余量为 0.125 毫米。

又如某一台柴油机主轴颈直径 = 115 毫米， $S_M = 0.23$ 毫米， $S_H = 0.075$ 毫米， $E = 5$ 倍， A 假定 3 年，每年假定磨耗轴承一次，则

$$W = \left(\frac{0.23 - 0.075}{1 + 5} \right) \times 3 + 0.075 + 0.15 = 0.30 \text{ (毫米)}$$

轴与轴承的修理差额 W 可以取为 0.25 毫米左右。

3. 活塞环与环槽组修理尺寸差 W 的决定：活塞环与环槽组的修理尺寸只有在活塞被保留情况下才应用，此时活塞上的环槽已被磨损，其修理尺寸差额 W 要根据环槽对活塞外圆柱面的不垂直度偏差及上下平面的加工余量而确定，因此一般均规定为 0.40 毫米左右。

实行分级修理法时应注意以下几个问题：

1. 一台柴油机中同一组合的配件同一级修理尺寸应一致。这样可以便利修理，防止返工浪费和保证配件的互换性。如曲轴主轴颈光磨时，各道轴径修理后均变成同级修理尺寸，当然所有的轴承也使用同级修理尺寸。又如气缸套镗磨时，各缸径应放大至同一直径，各缸活塞则相对地放大为同级修理尺寸。但是，应该指出，在一台大型柴油机中，主要组合零件如曲轴、气缸等适当允许有二个以上的分级尺寸同时存在，目的在于尽量维持和延长它们的使用年限。

2. 磨损极限尺寸：组合件中被保留的一个零件因历次修理它的直径逐渐增大或缩小了，为确保零件性能而又保证安全可靠，

所以必须计算其磨损极限尺寸。

3.修理尺寸级别：组合零件的间隙达到磨损限度，如照原级更换一个零件后仍恢复不到原始安装间隙，就要将保留的一个零件予以光磨，照下一级的修理尺寸标准重新组合。有时组合零件中只剩下一个失去了原有的几何形状的零件（如圆度、锥度、平直度），则也必须予以光磨，照下一级修理尺寸标准重新组合。

中华人民共和国交通部已于1965年11月17日颁布了《船用柴油机修理技术标准》（试行），今后我国船用柴油机的修理工作必须按此标准进行。本书中所推荐的技术要求与技术数据如有与上述标准抵触者，应以部标准为依据。

三、船用柴油机修理工艺的要点

1.没有固定的工艺规程：船用柴油机中大多数组合件的磨损程度没有规律性，零件的损坏情况亦不一样，因此无法事先制订好完整的修理工艺规程。

2.兼有少量制造工作：修理工作中还必须从事少量的零件制造工作，以加速柴油机的修理进度。制配中广泛运用品质优良的材料：例如合金钢、合金铸铁、耐热合金钢以及轻金属等等。

3.大量使用焊、补修复：某些零件可以采用焊接或堆焊等方法来修复。例如轴颈磨损后，就可用喷镀金属法重新修复。又如用堆焊一层白合金经过光车来恢复轴承的尺寸。

4.铸造、加工要求较严格：高速柴油机许多铸铁铸件最小厚度仅有5~7毫米，钢铸件最小厚度达7~9毫米，铸造工艺必须合理和可靠。

5.广泛使用热处理：凡制配的零件如活塞、气缸套、活塞环、活塞销等等主要零件都要施以热处理，借以提高零件的机械性能或表面硬度等。热处理方法有调质、正火、渗碳淬火、淬火、退火等。

6.加工精度要求较高：修理加工及制配加工的尺寸精度和表面光洁度的标准甚高；如机座大平面的不平直度通常不应超过

0.05毫米，其平面与轴承座孔中心线间的不平行度在每米长度内不得超过0.05~0.10毫米。活塞、气缸套及活塞杆等工作圆柱面的精度应在2级精度以内，个别零件甚至要达到1级精度。高压喷油泵和喷油咀的尺寸精度和表面光洁度要求更高，从而得到良好的油密性而又能灵活的滑动。

7.船用柴油机零部件的装配和总装质量关键主要表现在下面几个方面：

- 1) 曲轴中心线的同心度要求很高；
- 2) 曲轴中心线与气缸中心线的垂直度要求很高；
- 3) 运动部件装配正确；
- 4) 传动齿轮间的啮合质量要很好；
- 5) 燃料系统、配气系统、调速机构的安装调整位置正确，必须严格符合定时关系；
- 6) 离合器、减速齿轮箱、中间轴等校中要求严格。

船用柴油机的修理过程包括拆卸、检查、修复或换新以及装配、安装、调整试验等内容。这些内容是相互牵联的，前几个工序会影响后面的工艺。为了正确地制订修理工艺方案，拆、修之前要让机器作试运转，测量最大燃烧压力和排气温度等原始数据，并观察它的技术状态。通过柴油机的实际运转，可以分析它存在的缺陷和原因。

为了合理的修复柴油机的零部件，我们还应该对主要零件的组合情况进行检查，如组合件的配合间隙和几何形状及尺寸等。测量时应使用精确的测量工具如塞片、千分卡、水平仪等，可获得精确的数据。对气缸盖、气缸套等承受高压的工作表面必须进行静力测定，以判断该零件是否仍有使用价值并确定消除缺陷的方法。对于处于高温环境而承受冲击负荷的活塞销、曲轴颈等工作表面，须用磁力探伤法检查是否有表面发纹或裂纹，预防发生严重事故。

总而言之，修理工艺的范畴比较广泛，必须全面理解掌握，才可能较为顺利地解决修理过程中所遇到的一切技术问题。当

然，在修理中改进结构工艺性要比设计制造一台新的柴油机来得更困难些。往往要改变某一零件的结构形状时，由于有关组合零件的影响而无法变更，如轻易更动，必然要造成不良的后果。但是并不是说修理工作就无法或没有可能改善零件结构工艺性。

在柴油机修理工作中，所谓改善结构工艺性仅仅是指换新零件的制造而言。这一工作做得好，就能获得优良的产品质量，减少返工废品，降低材料消耗，简化工艺过程以节约劳动量，在经济上具有重要的意义。

四、铸造零件的工艺性要求

1. 各种不同断面的交接处要圆滑过渡，并防止金属有堆积现象，这样可以减少铸件的缩孔、裂缝、内应力、断裂等缺陷。

2. 尽量考虑采用较简单的结构，这样将减少因为铸件各部分冷却速度不均匀而生成的铸造内应力。

3. 某些局部受高温、高压的零件如气缸盖工作面边缘等处，应设法消除金属堆积，避免产生严重的收缩应力。

4. 应使零件形状最适合铸造，并且能够顺利地进行机械加工。

五、焊接零件的工艺性要求

1. 体积较小的零件或结构必须避免集中很多的焊缝。

2. 为了减少焊缝的总数，对焊接程序复杂的零件须采用分段铸造或用压延法制成若干个小零件，然后装配焊成坯件。

3. 因为焊接零件容易产生变形，所以必须力求变形均匀分配，焊缝的布置尽量对称于部件重心。

工艺性是否良好表现在以下五个方面：

1. 使用预制零件、部件的数量以及互换程度。

2. 减少柴油机紧固件、连接件数量的程度。

3. 确定零件的合理的公差和配合性质以及表面光洁度。只有从零件的工作条件实际来考虑公差与配合，才可能最大限度地减

少钳工装配工作量。如果片面地追求较小的公差和过高的表面光洁度，则必然要使机械加工和钳工的工作总量大大地增加。

4. 机件上要求保持在同一轴线上的各个孔应能使用一次全部加工而成，并尽量压缩钳工的拂刮工作量。

5. 具有几个大平面的零件，最好加工成为互相平行或互相垂直，避免有倾斜，便于装配。例如柴油机机座的上、下平面之间的要求；大型气缸体之间的平面等等。

修理工艺中还有一些必须具备的知识，如零件的使用材料品种及其性能要求、材料的热处理规范、零件的技术要求以及它的检查试验方法、柴油机的调整与试验等。

正确使用有关材料并懂得它的工艺方法是一个重要问题。因为材料选用得不合理，会造成以后一系列的故障。需要指出，任何零件的材料首先应符合我国船舶检验局颁布的《船舶材料试验规范》的规定。

第二节 材料和热处理

现代船用柴油机的特点是功率大、转速高、技术要求高、要有高度的可靠性。欲使修复后的船用柴油机仍然具有这些优越的性能，除了应该采取良好的修理工艺和正确的施工方法外，选用适当的金属材料与合理的热处理方法都是同等的重要。

那么，如何选用零件的材料呢？从实际经验得知，首先应该研究这个零件的工作条件，根据它的工作条件来选择适宜的材料是最科学而可靠的。

一、活塞的工作条件和材料要求

1. 活塞顶部作为燃烧室的组成部分，在很高的燃气压力和热应力的情况下进行工作（最高压力达80公斤/厘米²），因此活塞顶部的材料必须具有足够的强度。

2. 燃烧后气体的温度是通过活塞顶部传给活塞环，再由活塞环传至气缸壁而被冷却液所吸走，故活塞材料应有良好的导热

性。

3. 气缸内燃烧后的产物内含有二氧化碳和二氧化硫等气体, 这些气体形成酸后对金属具有腐蚀作用, 所以活塞的材料须具有良好的耐蚀性。

4. 活塞顶部的工作温度较高, 局部地方的温度达到 $350\sim 400^{\circ}\text{C}$, 所以要求材料必须具有适当的热稳定性, 在该工作温度下不致失去常温下所具有的机械性能。

5. 筒形活塞的裙部与气缸壁保持接触而且相互摩擦, 为了减少裙部的磨损, 以保持正常的组合间隙, 活塞材料就应具有优良的耐磨性, 最好有自行润滑的性能。此外活塞材料的线膨胀系数最好与气缸套的线膨胀系数相接近。

同样地, 我们在分析柴油机故障发生的原因时, 往往也需要从零件材料角度去分析。例如: 检查损坏零件的材料的品种、化学成份和机械性能是不是符合该零件的工作条件; 它的热处理规范是否符合规定以及热处理后的机械性能是否达到要求等等。例如我们曾经在使用活塞销的材料上选择不当, 产生活塞销折断事故数起。

二、活塞销的工作条件和材料要求

1. 活塞销承受活塞头的冲击压力和弯曲应力, 这就要求它的材料具有良好的抗冲击韧性。

2. 活塞销表面与衬套相互摩擦, 环境温度又甚高且润滑条件较差, 在正常的情况下它的磨损较为严重, 故它的表面硬度必须很高, 以提高它的耐磨性。

从上面的工作条件要求来看, 活塞销应该用优质低碳钢或低合金钢来制造, 并且应作表面渗碳淬硬处理, 使得活塞销表面硬度高耐磨性好, 而它的内部则仍然保持优质低碳钢或低合金钢的抗冲击韧性。有时也可采用中合金钢表面作高频淬火处理达到要求。如果选用中合金钢或优质中碳钢, 进行表面渗碳淬硬处理, 那么甚易会造成活塞销的折断事故。

由此可见，船用柴油机零件的材料和它的热处理方法等知识对从事修理的同志来讲必须熟知和掌握运用，才可以使修理质量提高，以保证柴油机维持应有的特性。下面是船用柴油机的常用材料知识。

船用柴油机中常用的金属材料不外乎有铸铁、碳素钢、合金钢、耐热钢、铜合金、铝合金以及轴承耐磨合金等。关于这些金属材料的分类和特性在专门书籍中可查找，这里仅就船用柴油机常用材料的品种及其基本性质以及它们的热处理规范作扼要的叙述，供修理工作者及轮机人员作参考。表 1—1～表 1—4 是这些材料的特性、使用范围、化学成份等。

三、金属零件的热处理

船用柴油机的铸铁件、铸钢件和锻钢件绝大部分均要经过各式各样的热处理，例如坯件初次热处理、中间热处理、化学热处理等等，力求改善零件的品质，以满足工作条件的要求。现将各种热处理简单介绍如下：

1. 铸件的热处理

1) 去除铸造内应力的退火

退火又称为人工时效处理。这种热处理的主要目的是消除复杂铸件内在浇铸过程中生成的内应力。退火规范如下：将铸件慢慢加热，一般加热速度为每小时升高 $80\sim 160^{\circ}\text{C}$ ，使温度升高到 $500\sim 550^{\circ}\text{C}$ ，在此温度下保持 $2\sim 8$ 小时（视铸件的最大厚度而定），然后使铸件随炉缓慢冷却至 $300\sim 250^{\circ}\text{C}$ ，冷却速度为每小时 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。气缸盖、气缸套、活塞、机体等复杂重要铸件均按此规范进行。

有时可以采用自然时效处理代替人工时效。自然时效方法是将铸件放在室外，在阳光下暴露几个月，随着气候的变化，铸造内应力也自行消除。

2) 降低表面硬度的退火

这种退火的目的是改变铸件表层白口铁组织。经过加热再冷

船用柴油机常用

材 料 牌 号	使 用 范 围	机 械 性 质				
		强 度 极 限				布氏硬度
		抗 拉	抗 弯	抗 压	挠 曲 度	HB
HT12—28	强度较低，用于受力不大的零件，如旋塞，手轮、小孔盖、罩壳等。	12	28	50	6	143~229
HT18—36	具有适宜的强度，可用于制8~15毫米厚度的铸件及厚度很大而不甚重要的铸件，如出水管、气缸体等。	18	36	70	8	170~229
HT21—40	具有适当的强度，用于工作温度在300℃以下受非冲击性的交变负荷的零件，如水泵泵体、离心泵叶轮、气阀导管及阀壳等。	21	40	75	9	170~241
HT24~44	具有很高的强度，用于工作温度在300℃以上承受高压，震动磨损的零件，如活塞环、气缸套、气缸体、机架、机座、油泵体，活塞等。	24	44	85	9	170~241
HT28—48	具有较高的强度，用于制造特别重要的零件和剧烈摩擦的零件，如高速柴油机的气缸套、活塞、气缸盖、凸轮传动齿轮以及其他主要零件。	28	48	90	9	170~241
HT32—52	适用于制造受高温、高压及耐腐蚀的特殊重要零件，如气缸套、活塞活塞环等。	32	52	100	9	200~240