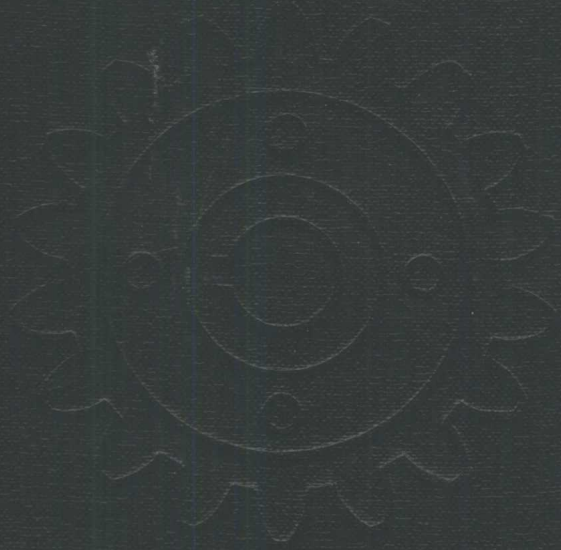


机械加工 工艺设计手册



航空工业出版社

机械加工工艺设计手册

张耀宸 主编

编写组

樊其瑾	王威廉	冯学廉	杨万民
王有福	王玉生	苑淑英	张耀宸

航空工业出版社

一九八七年十二月

内 容 提 要

本手册是为适应国家实行法定计量单位后，有关工艺设计标准应相应改革的实际需要而编写的。

手册的内容有：金属材料的性能与规格、锻造和铸造毛坯设计的基本知识、光滑圆柱体的公差与配合、螺纹的公差与配合、圆柱齿轮和圆锥齿轮的公差、各种加工方法的经济精度和表面粗糙度、热处理和化学处理及其在工艺路线中的安排、表面保护的方法及选择应用、特种检验的原理简介与应用范围、机械加工余量及公差与一些常见表面的加工规范、各种材料在各种加工方法中的切削用量及某些刀具的几何参数、常见的金属切削机床及其附件的规格与机床的工作精度、常用金属切削刀具的规格及刀具紧固部分的尺寸、常用加工方法的工时定额、一些常用的工艺标准规格和加工中冷却润滑液的选用等。

本手册既可作为大学及大、中专与技工学校机械类专业的辅助教材或参考书，又可作为工矿企业、研究单位从事机械加工工艺设计人员的日常工具书。对机械设计和其它有关人员，同样有参考作用。

机械加工工艺设计手册

张耀宸 主编

航空工业出版社出版

(北京安定门外北苑大院2号)

航空工业部〇一二基地印刷厂印装

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张：47 字数：1327.88千字

1987年12月第一版 1987年12月第一次印刷

ISBN 7-80046-006-1/TH·001

印数：0001—32000册 定价：14.50元

前 言

国务院关于在我国统一实行法定计量单位的命令涉及到各个方面。作为机械加工工艺和设计用的规范标准，也应作相应的补充修订。本手册就是为适应这种需要而作的尝试。鉴于机械加工有广泛的通用性，因此，在编写时，在考虑航空产品生产特点的同时，也使其适用于一般机械制造行业；既可用于学生作有关设计和学习参考，又可用于机械加工工艺人员的日常工作。为此，在编写过程中所选取的内容，尽量涉及机械加工工艺工作的各个方面；同时重视查阅方便，并使篇幅不致过大。在各章内容选取时，略去在一般情况下用不到或很少用到的部分；但另一方面，在一些章节中，还阐述了简单原理与选用特点，以增强机械加工工艺人员和学生对它们的了解，扩大其知识面。

本手册所采用的标准和计量单位，均为国家和有关部委最近颁布的，对当前仍在使用的旧标准，必要时也简单列出。

本手册的大纲是经编写小组反复讨论、修改后由负责本章的同志详细制订的。初稿完成后曾互审一次，并对必需统一的事项进行了讨论和决定。修改成文后由北京航空学院张耀宸进行最后定稿。

本手册由西北工业大学樊其瑾编写第一章，王威廉编写第五章，冯学廉编写第八章；由南昌航空工业学院王玉生编写第二章；由北京航空学院张耀宸编写第三、第六和第十二章；苑淑英编写第七、第十和第十三章；南京航空学院杨万民编写第四和第十一章；沈阳航空工业学院王有福编写第九章。

本手册稿件曾蒙彭德一、孙振均两教授进行了认真的审查，特表谢忱。

在编写过程中虽曾到有关单位搜集了一些资料；但鉴于水平和时间的限制，在内容的选取、搜集和其它方面，一定还存在不少缺点，甚至错误。衷心希望读者随时提出批评和建议，以便修订时更正、补充。

编 者

1987年3月

目 录

第一章 金属材料

§ 1-1 黑色金属材料

- 一、概述 (1)
- 二、结构钢(包括弹簧钢、滚珠轴承钢)的机械性能、特性及用途 (3)
- 三、工具钢的机械性能、特性及用途 (21)
- 四、不锈钢、耐热钢和高温合金的机械性能、特性及用途 (29)
- 五、铸钢和铸铁的机械性能、特性及用途 (50)
- 六、合金钢和高温合金的牌号及化学成分 (53)

§ 1-2 有色金属材料

- 一、概述 (61)
- 二、铝、镁、铜、钛有色金属及合金的机械性能、特性及用途 (64)
- 三、硬质合金的机械性能、特性及用途 (83)
- 四、有色金属及合金的牌号和化学成分 (87)

§ 1-3 常用金属材料牌号表示方法

- 一、钢铁产品牌号表示方法 (93)
- 二、有色金属及合金产品牌号表示方法 (97)

§ 1-4 常用金属材料国内外牌号对照 (100)

参考文献 (108)

第二章 毛坯选择与设计

§ 2-1 锻造毛坯设计

- 一、模锻件的构造要素 (110)
- 二、锻造方法及分模位置的确定 (115)
- 三、锤和压力机上模锻件 (119)
- 四、平锻机上模锻件 (132)
- 五、锻件验收条件及检验等级 (141)
- 六、锻件毛坯图 (143)

§ 2-2 铸造毛坯设计

一、铸造方法的选择	(148)
二、铸造合金	(152)
三、铸件上几种结构单元的工艺尺寸	(157)
四、铸件的精度等级及尺寸公差 (HB 0-7-67)	(161)
五、铸件的加工余量及工艺余量	(172)
六、基准面的选择	(175)
七、铸造毛坯图	(176)

§ 2-3 金属材料产品品种

一、热轧圆钢和方钢品种 (GB 702-72)	(177)
二、热轧六角钢品种 (GB 705-65)	(178)
三、冷拉圆钢品种 (GB 905-66)	(179)
四、冷拉方钢品种 (GB 906-66)	(181)
五、冷拉六角钢品种 (GB 907-66)	(183)
六、铝及铝合金挤压棒 (YB 613-66)	(185)
七、镁合金挤压棒材 (YB 631-66)	(185)
八、钛及钛合金圆棒 (YB 766-70)	(188)

参考文献	(188)
------	-------

第三章 公差

§ 3-1 圆柱体公差与配合

一、GB1800-79的基本概念及示例	(189)
二、基孔制与基轴制优先公差带	(193)
三、轴和孔的基本偏差数值	(193)
四、新、旧国家标准对照	(200)
五、未注公差尺寸的极限偏差 (GB 1804-79)	(201)

§ 3-2 形状和位置公差

一、形状和位置公差的符号和术语 (GB 1182~83-80)	(201)
二、形位公差的标注方法及一些示例	(207)
三、形位公差标准 (GB 1184-80)	(212)
四、图样上未注形状和位置公差的规定 (GB1184-80)	(215)

§ 3-3 一般公差 (HB5800-82)

一、线性尺寸的一般公差	(217)
-------------	-------

二、角度尺寸的一般公差	(219)
三、形状和位置的一般公差	(220)
四、小于1 mm的一般公差	(220)
§ 3-4 螺纹公差与配合	
一、普通(公制)螺纹的公差与配合(GB196~197-81)	(222)
二、过盈配合和过渡配合的螺纹(HB 243-70, GB1181-74和GB1167-74)	(232)
三、梯形螺纹公差	(238)
§ 3-5 圆柱齿轮和圆锥齿轮传动公差	
一、齿轮传动精度及影响精度的因素	(241)
二、齿轮传动误差的名称、代号及在图中的标注(JB179-83)	(242)
三、直齿、斜齿和人字齿轮的公差	(251)
四、旧标准JB179-60简介	(259)
五、圆锥齿轮传动公差	(261)
参考文献	(270)

第四章 各种加工方法的经济精度和表面粗糙度

§ 4-1 经济加工精度的概念	(271)
§ 4-2 各种加工方法能够达到的尺寸经济精度	
一、孔加工的经济精度	(271)
二、外圆柱面加工和端面加工的经济精度	(273)
三、成形铣刀加工的经济精度	(274)
四、平面加工的经济精度	(274)
五、公制螺纹加工的经济精度	(275)
六、花键加工的经济精度	(276)
七、齿形加工的经济精度	(276)
§ 4-3 各种加工方法能够达到的形状经济精度	
一、平面度和直线度的经济精度	(277)
二、圆柱形表面形状精度的经济精度	(278)
三、型面加工的经济精度	(278)
四、在各种机床上加工时形状的平均经济精度	(278)
§ 4-4 各种加工方法能够达到的相互位置的经济精度	
一、平行度的经济精度	(281)

二、端面跳动和垂直度的经济精度	(281)
三、同轴度的经济精度	(281)
四、轴心线相互平行的孔的位置经济精度	(282)
五、轴心线相互垂直的孔的位置经济精度	(283)
§ 4-5 表面粗糙度和表面完整性	
一、表面粗糙度国家标准 (GB 3505-83、GB 1031-83、GB 131-83)	(284)
二、表面光洁度旧国家标准 (GB 1031-68) 简介	(289)
三、表面粗糙度与表面光洁度等级对照表	(289)
四、各国表面粗糙度等级对照表	(290)
§ 4-6 各种加工方法能够达到的零件表面粗糙度	(292)
§ 4-7 表面粗糙度与精度和配合之间的关系	(296)
§ 4-8 外圆、孔和平面的加工方案及经济精度	
一、外圆表面的各种加工方法所能达到的经济精度和表面粗糙度	(297)
二、外圆表面加工方案	(297)
三、孔的各种加工方法所能达到的经济精度和表面粗糙度	(298)
四、孔加工方案	(298)
五、平面加工方案	(300)
参考文献	(300)

第五章 热处理、化学热处理及其在 工艺路线中的安排

§ 5-1 钢的热处理	
一、用途	(301)
二、铁碳合金相图	(301)
三、常用钢的预先热处理	(302)
四、常用结构钢的最终热处理	(304)
五、常用结构钢热处理后的硬度范围	(307)
§ 5-2 钢的化学热处理	
一、目的	(310)
二、化学热处理的主要种类及一般特性	(310)
三、不需化学热处理的表面的防护措施	(315)
四、钢制零件化学热处理后的硬度范围	(316)

§ 5-3 钢制零件热处理在工艺路线中的位置安排	
一、结构钢零件	(318)
二、工具钢零件	(321)
§ 5-4 不锈钢的热处理	
一、铁素体不锈钢的热处理	(322)
二、奥氏体不锈钢的热处理	(323)
三、马氏体不锈钢的热处理	(324)
§ 5-5 高温合金的热处理	(326)
§ 5-6 有色金属的热处理	
一、铝与铝合金的热处理	(329)
二、镁合金的热处理	(334)
三、钛及钛合金的热处理	(334)
四、铜及铜合金的热处理	(334)
§ 5-7 热处理零件的检验	
一、热处理零件检验类别	(336)
二、硬度检验	(337)
参考文献	(341)

第六章 表面保护

概述	(343)
一、金属镀层及化学处理的表示方法 (GB 1238-76)	(343)
二、关于表面防护主要名词术语的说明	(345)
三、镀层和化学覆盖层的选择原则	(346)
§ 6-1 电镀	
一、常用镀层的特性及应用范围	(348)
二、电镀在工艺过程中的应用及镀前尺寸的确定	(348)
§ 6-2 化学转化膜	
一、钢铁零件上的转化膜	(357)
二、铝及铝合金零件上的转化膜	(359)
三、镁合金上的转化膜	(364)
§ 6-3 有机涂层与热喷涂	
一、有机涂层	(364)
二、热喷涂	(366)

§ 6-4 工序间防锈	
一、一般规定	(369)
二、常用洗涤剂的组成、适用范围及技术要求	(369)
三、常用防锈材料、适用范围和技术要求	(370)
参考文献	(371)

第七章 特种检验

§ 7-1 目视检验	(372)
§ 7-2 射线探伤	
一、X射线探伤	(373)
二、 γ 射线探伤	(374)
三、中子射线探伤	(375)
§ 7-3 超声波探伤	(376)
§ 7-4 磁力探伤	(378)
§ 7-5 液体渗透探伤	(380)
§ 7-6 涡流探伤	(381)
§ 7-7 激光全息照相检测	(382)
§ 7-8 声阻法探伤	(383)
§ 7-9 红外无损检测	(384)
§ 7-10 氟化法探伤	(385)
§ 7-11 其它(腐蚀检验, 机械性能试验, 金相检验, 低倍检验)	(385)
参考文献	(386)

第八章 机械加工余量及公差

§ 8-1 机械加工余量的概念	
一、总加工余量和工序加工余量	(387)
二、影响加工余量的因素	(387)
§ 8-2 标准工艺尺寸	(388)
§ 8-3 轴类零件采用轧制材料时的机械加工余量	(389)
§ 8-4 外圆柱表面的工序间加工余量及公差	(392)
§ 8-5 孔的加工余量	(396)
§ 8-6 端面的加工余量及公差	(401)
§ 8-7 平面的加工余量	(402)
§ 8-8 有色金属及其合金的机械加工余量	(405)
§ 8-9 切除渗碳层的加工余量	(410)
§ 8-10 齿轮和花键精加工余量	(412)

§ 8-11 其它	(415)
§ 8-12 加工余量确定示例	(417)
参考文献	(419)

第九章 切削用量

常用符号	(420)
§ 9-1 切削用量的选择原则	(421)
§ 9-2 碳钢及合金钢的切削用量	
一、车削	(422)
二、刨削、插削	(439)
三、钻削、扩钻、铰孔	(443)
四、镗刀加工	(464)
五、拉削	(465)
六、高速拉削参数	(470)
七、铣削	(471)
八、磨削	(478)
九、高速磨削	(494)
十、低粗糙度磨削	(495)
十一、光整加工	(496)
十二、螺纹加工	(499)
十三、齿轮及花键加工	(505)
§ 9-3 难切材料的切削用量	
一、高锰钢和高强度钢的切削	(515)
二、不锈钢切削	(516)
三、高温合金切削	(520)
四、钛合金切削	(531)
参考文献	(537)

第十章 金属切削机床及机床附件

§ 10-1 金属切削机床型号编制方法	
一、通用机床型号表示方法	(538)
二、机床的分类编号	(539)
三、机床的特征代号	(539)
四、机床主参数名称及折算系数	(539)
五、通用机床型号举例	(541)
§ 10-2 金属切削机床技术性能	
一、车床	(542)
二、钻床	(555)

三、镗床	(560)
四、磨床	(565)
五、铣床	(574)
六、齿轮加工机床	(578)
七、其它	(586)
§ 10-3 金属切削机床选择的总则	(588)
§ 10-4 金属切削机床工作精度	
一、车床工作精度	(588)
二、钻床工作精度	(589)
三、镗床工作精度	(590)
四、磨床工作精度	(590)
五、铣床工作精度	(593)
六、齿轮机床工作精度	(593)
七、插床工作精度	(594)
八、拉床工作精度	(595)
§ 10-5 金属切削机床常用附件	
一、顶尖和顶尖套	(595)
二、拨盘和鸡心夹头	(596)
三、分度头	(597)
四、回转工作台 (JB1263-73)	(599)
五、机用平口钳	(600)
六、万能铣头	(601)
七、夹头	(601)
八、锥柄工具用短衬套、莫氏圆锥 (GR4-60)	(606)
九、锥柄工具用长衬套、莫氏圆锥 (GR5-60)	(607)
十、吸盘	(608)
十一、过渡盘	(610)
参考文献	(618)

第十一章 金属切削刀具

§ 11-1 常用标准刀具	(614)
§ 11-2 钻头	
一、中心钻	(614)
二、直柄麻花钻	(615)
三、锥柄麻花钻	(615)
四、镶硬质合金刀片钻头	(616)
五、麻花钻直径公差	(617)
§ 11-3 扩孔钻	
一、锥柄扩孔钻	(618)

二、镶齿套式扩孔钻.....	(618)
三、镶硬质合金刀片套式扩孔钻.....	(619)
四、锥柄铰钻.....	(620)
五、圆柱头螺钉孔用锥柄沉孔钻.....	(620)
§ 11-4 铰刀	
一、手用铰刀.....	(621)
二、机用铰刀.....	(622)
三、套式机用铰刀.....	(624)
四、莫氏锥度铰刀.....	(626)
五、1:50、1:30销子铰刀.....	(627)
六、铰刀直径偏差.....	(628)
§ 11-5 拉刀	
一、圆孔拉刀.....	(628)
二、键槽拉刀.....	(629)
三、矩形齿花键拉刀.....	(629)
§ 11-6 丝锥	
一、公制粗、细牙手用丝锥.....	(630)
二、公制粗、细牙机用丝锥.....	(631)
§ 11-7 铣刀	
一、立铣刀.....	(632)
二、键槽铣刀.....	(634)
三、T形槽、半圆形键槽和燕尾槽铣刀.....	(634)
四、套式面铣刀.....	(636)
五、圆柱形铣刀.....	(638)
六、三面刃铣刀.....	(638)
七、尖齿槽铣刀.....	(639)
八、锯片铣刀.....	(640)
九、切口铣刀.....	(640)
十、单角和双角铣刀.....	(641)
§ 11-8 齿轮、花键刀具	
一、齿轮铣刀.....	(643)
二、齿轮滚刀.....	(644)
三、矩形齿花键滚刀.....	(644)
四、锥柄直齿插齿刀.....	(645)
五、碗形直齿插齿刀.....	(646)
六、盘形直齿插齿刀.....	(647)
七、盘形剃齿刀.....	(649)
§ 11-9 磨具	
一、磨具的标注方法.....	(650)

二、各类磨具的用途及尺寸	(650)
三、内圆磨轮的直径选择	(656)
四、磨具的安全工作线速度	(656)
§ 11-10 刀具的紧固部分	
一、工具圆锥柄尺寸 (工具专业标准GR2-60)	(657)
二、麻花钻直径分级 (GR25-60)	(661)
参考文献	(662)

第十二章 工 时 定 额

§ 12-1 工时定额的组成及计算	
一、工序时间定额	(663)
二、工序时间的基本计算公式	(664)
§ 12-2 基本时间及计算	
一、车削基本时间的计算	(664)
二、钻削基本时间的计算	(667)
三、铣削基本时间的计算	(668)
四、磨削基本时间的计算	(671)
§ 12-3 其它时间的确定	
一、普通车床的辅助时间	(676)
二、钻床的辅助时间	(679)
三、铣床的辅助时间	(685)
四、磨削的辅助时间	(686)
参考文献	(687)

第十三章 其 它

§ 13-1 通用工艺标准规格	
一、中心孔 (GB145-59)	(688)
二、标准锥度 (GB57-59)	(689)
三、T型槽 (GB158-84)	(689)
四、砂轮越程槽 (HB0-98-78)	(694)
五、普通螺纹收尾、肩距、退刀槽、引导及倒角 (HB5829-83)	(696)
六、普通螺纹收尾、退刀槽等的国家标准 (GB3-58)	(700)
七、零件倒角及倒圆半径 (JB5-59)	(707)
§ 13-2 金属切削加工润滑冷却液的选择	
一、润滑冷却液的选择	(710)
二、市场供应的常用冷却润滑液	(711)
三、润滑冷却液的配方和用途	(712)
参考文献	(714)
表格索引	(715)

第一章 金属材料

§ 1-1 黑色金属材料

一、概述

钢按化学成分可分为碳素钢和合金钢，按用途可分为结构钢、工具钢、特殊性能钢等。

1. 结构钢

结构钢可分为调质钢、渗碳钢、氮化钢、贝氏体钢、弹簧钢、轴承钢、超高强度钢等。

调质钢是最重要的结构钢之一，其特点是，为了获得良好的综合机械性能，一般采用淬火后高温回火作为最终热处理。此类钢的含碳量约为0.25~0.45%，属于中碳钢范围。常用的调质钢有45、40Cr、40CrNiMoA、30CrMnSiA等。

渗碳钢的特点是用改变钢表面层化学成分的方法使之得到硬且耐磨的表面层，而心部保持高的韧性。钢的含碳量约为0.1~0.25%，属低碳钢。常用的牌号有20、20Cr、12CrNi3A、12Cr2Ni4A、18Cr2Ni4WA等。

氮化钢一般都是含有铬、钼、铝和钒等元素的合金钢，如38CrMoAlA、35Cr3MoVA等，这类钢只有经氮化后，才能得到高硬度和耐磨的表面。

贝氏体钢的特点是采用正火获得以贝氏体为基本组织的钢，在热轧空冷状态下可直接使用，所以这种钢可将热成形工序与正火相结合，从而简化生产工艺。18Mn2CrMoBA(GC-11)系我国自行研制成功的一种性能优良的贝氏体钢。

超高强度钢一般是指抗拉强度超过1370MPa左右的钢，其中的低合金超高强度钢，含碳量约为0.3~0.5%，主要在室温或低于200℃下使用。常用的牌号有30CrMnSiNi2A、40CrMnSiMoVA(GC-4)等。

弹簧钢的弹性极限和屈服强度随含碳量增加而增加，而塑性和韧性却相应降低，故碳素弹簧钢的含碳量约为0.57~0.94%、合金弹簧钢则为0.46~0.74%。

滚珠轴承钢主要用于制造滚动轴承，也可用于制造量具、冷变形模具以及高压油泵精密偶件和喷油嘴等。一般含碳量为0.90~1.15%。目前GCr15、GCr15SiMn钢用量最大，约占轴承钢的95%以上。使用轴承钢时，必须注意设法消除内应力、稳定组织与尺寸，一般可采用回火及冰冷处理，但冰冷处理需在淬火后立即进行。

2. 工具钢

工具钢按化学成分可分为碳素工具钢与合金工具钢，按用途可分为刀具钢、模具钢和量具钢。

用于刀具的碳素工具钢的含碳量一般为0.65~1.35%，常用的牌号如T8A、T10A、T12A，它们适于制造低速切削、形状简单的小型刀具。用于刀具的合金工具钢的含碳量约为0.85~1.5%，常用的钢号如9SiCr、CrMn、CrWMn，它们适于制作低速切削、截面较大、形状复杂、切削条件较差的刀具。用于刀具的高速钢，其红硬性可达500~600℃，强

度也比其它刀具钢约高 30~50%，含碳量约为 0.7~1.4%，最广泛应用的是钨系高速钢 W18Cr4V。

用作冷变形模具的碳素工具钢有 T8A、T10A 等，它们适于制造形状简单、承载不大的小型模具；合金工具钢有 Cr12、Cr12MoV、CrWMn 及新型钢种 Cr4W2MoV 等，它们的淬透性和耐磨性高，热处理变形小，适于制造形状复杂、承载较大的中、大型模具。用作热变形模具的常用钢号有 5CrNiMo、3Cr2W8V 等，它们有良好的高温机械性能和抗热疲劳性能。

量具钢一般含碳量较高（约 0.9~1.5%），常用的量具钢有 CrMn、CrWMn、GCr15 等。为保证量具尺寸稳定性，需在淬火后立即进行冰冷处理，然后再进行回火；同时在磨削后需多次进行长时间的低温人工时效处理。

3. 不锈钢与耐热钢

不锈钢是指在一般腐蚀介质中具有抗蚀能力的钢，其中一部分不锈钢还对某些强烈腐蚀介质具有抗蚀能力，这部分钢又叫作耐酸钢。

不锈钢除具有优良的抗蚀性外，往往还具有高的强度、硬度和耐磨性以及良好的工艺性能，因此它在航空航天工业中得到广泛应用。

不锈钢按正火状态的组织大致可分为马氏体、铁素体、奥氏体和沉淀硬化不锈钢四大类。

马氏体型不锈钢中应用最广的是 Cr13 型不锈钢，这类钢的特点是可热处理强化，有较高的抗拉强度，导热系数高，热膨胀系数小，切削加工性和抗振性较好，其缺点是抗蚀性不足，冷变形塑性和可焊性较差。

在不锈钢中，奥氏体型不锈钢应用最为广泛。它具有良好抗蚀性、冷变形塑性和可焊性，高温抗氧化性能亦佳，但其强度低，且有晶间腐蚀倾向，它不能热处理强化但可通过冷变形来强化，典型钢种如 1Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti。

还有一种奥氏体-铁素体双相不锈钢，它的晶间腐蚀倾向通常比单相奥氏体钢为低，且有优良的抗应力腐蚀能力，其屈服强度约为后者的两倍，含镍量也较低，是一种很有发展前途的工艺结构材料，典型牌号如 1Cr21Ni5Ti。

耐热钢是指在 450℃ 以上，具有一定强度和抗氧化、耐腐蚀能力的钢种，它广泛用于制造汽轮机、内燃机、航空发动机、锅炉、高温炉和石油化工等设备的构件。

耐热钢按其用途可分为热强钢、汽阀钢和抗氧化钢；按其组织类型可分为铁素体、奥氏体和马氏体型钢，其中奥氏体型钢的综合机械性能较佳，常见牌号如 4Cr14Ni14W2Mo 钢。

有些不锈钢，如 2Cr13、1Cr18Ni9Ti，由于也具有相当的热强性和热稳定性，因而有时也作耐热钢使用，故常有耐热不锈钢之称。

为了提高耐热钢的热强性，往往加入大量合金元素镍，当镍量达 45% 以上时，即成为铁-镍基高温合金。

4. 高温合金

高温合金是航空发动机制造中不可缺少的重要材料。

高温合金按基体元素可分为铁基、镍基和钴基等；按合金的成形方式、性能及用途可分为：

(1) 热强变形高温合金 特点是热强度较高，主要用于高温下承受大载荷及复杂应力的

零件，例如涡轮叶片、涡轮盘等，常见牌号有铁基的GH36、GH135和镍基的GH37、GH49等。

(2) 热稳定变形高温合金 热稳定性很高，固溶处理后塑性好可进行深冲压，适于制作受力不大而工作温度很高的零件，例如燃烧室火焰筒及加力燃烧室等，常见牌号有铁基的GH140，镍基的GH39等。

(3) 热强铸造高温合金 热强度很高，但塑性较低，冲压及可焊性也较差，故多采用精密铸造方法铸成零件，发动机中涡轮叶片及导向叶片常用的铸造高温合金有K3、K17等。

一般说来，铁基高温合金的热稳定性较差，最高使用温度比镍基合金低200℃左右，铸造镍基高温合金的使用温度比变形高温合金要高50~80℃，钴基高温合金具有高的组织稳定性和抗热疲劳强度，适于作导向叶片，但鉴于我国目前资源情况，很少应用。

近年来研制了一些新合金和新工艺，DK 3便是采用定向结晶技术研制而成的铸造合金，今后将在粉末高温合金盘、高温合金复合材料、定向结晶和单晶、共晶合金等方面继续研制并发展。

二、结构钢（包括弹簧钢、滚珠轴承钢）的机械性能、特性及用途