

A6611

730678

1043

丁培道 周守则 编著

高速工具钢废料 回收与利用

机械工业出版社图书馆

基本图书



物资出版社

730673

46611

5611

1043

高速工具钢废料回收与利用

丁培道 周守则 编著

物 资 出 版 社

高速工具钢废料回收与利用

丁培道 周守则编著

※

物资出版社出版

北京市新华书店发行

化工出版社印制厂印刷

开本787×1092 1/32 印张8 1/2 字数180千字

1984年3月第1版 1984年3月第1次印刷

印数1-5,000册

书号: 1254·058

定价: 0.95元

说 明

高速工具钢系含钨、钼合金元素较高的一种金属材料，在加工制造工具过程中，钢材利用率一般为38~45%。这样，必然产生大量的高速钢废料：全国机械工业每年还有大量高速钢的报废工具。为加强管理和回收利用好这些宝贵资源，特请重庆大学冶金及材料工程系丁培道付教授、周守则讲师，经较长时间搜集国内外回收利用方面的资料，编写了《高速工具钢废料回收与利用》一书。供各地金属回收管理干部学习专业知识，做好回收管理工作，以及产生和利用高速钢废料的冶金厂、工具厂冶炼工作者参考。

国家物资局金属回收局

一九八二年七月

编 者 的 话

本书受国家物资局金属回收局委托，为广大从事高速钢废料回收、管理和利用的同志而编写，也可供冶炼及金属材料工作者参考。内容包括：高速钢的基本知识；高速钢废料资源的回收、管理和分类技术；用电弧炉、感应炉、有衬电渣炉使废料再生的冶炼方法；再生利用时的品种更新；钢锭成材的锻造工艺；钢水成型的精密铸造刀具；钢屑热锻的粉末高速钢等。编写中着重于应用性，故对工艺过程及其有关的问题力求详细；为了有利于应用，对工艺过程的基本知识和理论也作了适当的介绍。编写中注意反映国内回收、利用高速钢废料的情况，并力求用数据说明问题。书中的某些部分为作者所在单位科研、生产的成果与实践。

本书一、七、九、十章由周宇则编写，其余由丁培道编写，丁培道担任主编。书稿由国家物资局金属回收局科技处审阅。最后经重庆大学冶金及材料工程系何泽福付教授主审。

衷心感谢为本书热情提供资料的同志们。

由于编写者水平有限，不妥之处希望读者指正。

绪 言

高速工具钢是用以制造各种切削工具的材料，它要求在工作温度达 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 的高速切削条件下保持高硬度和耐磨能力。为保证这些性能，常用的高速钢中含有 $17\sim 23\%$ 的合金元素，因此，它属于贵重的高合金钢。但是，在生产钢材的冶金过程及钢材做成刀具的制造过程中，都产生大量废金属料；此外，报损的工具也是废料的来源。将这些含有大量贵重合金元素的废料妥善回收和再生利用，可节约大量资源和开发这些资源所需的能源及劳动力消耗。如简单地以废物看待而随意处置，则是极大的浪费。处理好这些废料还有利于环境保护，也可减少对普通钢的污染。

从目前看，我们国家经济还很落后，作好废料的再生利用，即可创造社会财富，对增产节约有极重要的意义；从长远看，随着工业化程度的提高，处理废料的问题也更突出。发达国家对这项工作是极为重视的。

要处理和利用好废料，回收和管理是极其重要的中间环节，在一定条件下甚至是决定性的环节，在这方面必须投入更多的人力物力。

近年来的实践证明，凡高速钢废料再生利用好的单位，首先是回收管理好的单位。

冶金厂用电弧炉返回利用自身的高速钢废料及部分商品废料，至今仍然是处理废高速钢的主要方法。近年来用感应炉直接冶炼高速钢屑的新工艺研究成功，工具厂采用此工艺处理自身的钢屑废料，并最终制成商品刀具，这一工艺路线，经过长时间的检验，收到良好的经济效果，已形成生产能力。用有衬电渣炉处理高速钢废料，特别是钢屑废料，在一定条

件下也是可行的。

将废料的再生利用与刀具的精密铸造结合起来，是一举两得的事，既利用了废料，又减少了加工中新产生的废料。由于在返回冶炼的成分选择上所做的工作，使铸造刀具的寿命有所提高，某些特殊成分的铸造刀具，已接近和赶上常规成分的锻造刀具。

此外，将高速钢屑机械粉碎后，用冷压成型、烧结锻造的方法直接制成工具毛坯，将再生利用与粉末高速钢结合起来，此法新颖，具有独特的风格。尽管还存在一些问题，但经过努力是可望解决的。

高速钢废料的产生及其回收利用的系统，如图1所示。图的左半部分反映废料的来源，其中钢材、工具及废料运动通道的宽窄，表示出输运量的相对关系。图的右半部分表示回收利用的渠道。本书的内容将涉及图中的有关部分。

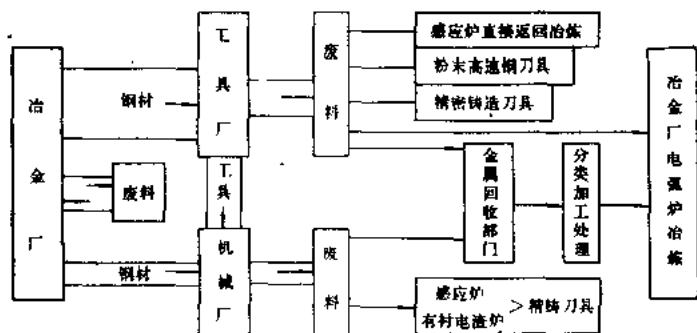


图1 高速钢废料运动及回收利用示意框图

内 容 简 介

高速钢是一种贵重的合金材料，用它制造工具时伴随产生大量的废料，把这些废料有效地回收、加工和利用，对国民经济发展有重要的意义。

本书介绍高速钢的基本知识：废料来源、分类、技术管理；重点阐述高速钢返回利用的工艺与技术、成材与质量等一系列问题。内容全面，材料丰富。有些资料系作者的研究成果和实践经验，具有一定的实用价值。本书可供从事金属回收、利用和管理工作的有关人员学习阅读，也可供高速钢生产和研究人员参考。

目 录

绪 言

第一章 高速钢的基本知识	1
第一节 对高速钢性能的要求	1
第二节 高速钢中合金元素的作用	6
第三节 高速钢的分类、钢号及用途	10
第四节 高速钢的铸态组织	18
第五节 高速钢的碳化物偏析	22
第二章 高速钢废料及其回收管理	26
第一节 高速钢废料的由来	26
第二节 高速钢废料中所含的合金资源	39
第三节 回收废料的重要意义	42
第四节 回收工作及技术管理	44
第五节 高速钢废料的实际回收率及提高回收水平的途径	49
第六节 金属回收部门的工作	53
第七节 高速钢废料的贮存与装运	57
第三章 高速钢废料的分类与处理	59
第一节 工具钢废料的火花鉴别	60
第二节 废料的光谱鉴别	68
第三节 高速钢废料的分割解体	79
第四章 电弧炉返回冶炼高速钢废料	82
第一节 电弧炉设备简介	82

第二节	高速钢的冶炼	87
第三节	高速钢屑在电弧炉中的利用	100
第四节	高速钢磨削废料的利用	104
第五节	高速钢的铸锭	110
第五章	感应炉直接冶炼高速钢废料	117
第一节	感应炉工作原理及设备	117
第二节	感应炉炉衬	123
第三节	高速钢废料在感应炉中的冶炼	131
第四节	感应炉熔炼高速钢的铸锭	143
第五节	感应炉熔炼高速钢的质量	151
第六节	感应炉再生利用高速钢废料的技 术经济问题	156
第六章	感应炉熔炼高速钢的锻造与材质	161
第一节	共晶碳化物的破碎与加工变形量	161
第二节	高速钢的锻造加热	165
第三节	锻造工艺	167
第四节	锻造后的冷却	169
第五节	小钢锭的成材与材质性能	170
第七章	高速钢废料返回利用中的品种选择与 更新	176
第一节	废料返回利用的品种选择	176
第二节	高速钢的钨钼配比	179
第三节	钨12稀土高速钢	183
第四节	其它成分的高速钢	193
第八章	有衬电渣炉熔炼高速钢废料	194
第一节	有衬电渣炉设备	194
第二节	电渣冶炼高速钢屑的工艺	198

第三节	钢的质量及技术经济指标	202
第九章	铸造高速钢刀具	205
第一节	铸造高速钢刀具用的模料及制模工艺	207
第二节	铸造高速钢刀具用的制壳材料	213
第三节	铸造高速钢刀具的制壳工艺	219
第四节	铸造高速钢刀具的实际应用	226
第十章	利用废屑的热锻粉末高速钢刀具	237
第一节	粉末高速钢简述	237
第二节	涡旋法制粉工艺	240
第三节	预成型与烧结	245
第四节	预成型坯的热锻	249
第五节	粉末高速钢的热处理与组织	253
第六节	粉末高速钢的性能与经济分析	254
结束语		257
参考文献		259

第一章 高速钢的基本知识

高速钢是高速切削工具钢的简称，因它适用于高速切削而得名。商业上简称高工钢。又因它锋利，所以人们也常称它为“锋钢”。

在切削过程中，如果提高切削速度，增大切削量或切削高硬材料及难加工材料，都会使刀具刃部的温度迅速上升。当刃部温度达到 $250\sim 300^{\circ}\text{C}$ 以上时，碳素工具钢及低合金工具钢所做的刀具，其刃部的硬度因温度的升高而显著下降，失去了切削能力。高速钢由于含有大量的钨、钼、铬、钒等合金元素，具有二次硬化（回火后硬度明显上升）的特点，所以高速钢刀具在 600°C 下仍能保持高硬度和切削能力。因此，这种钢广泛用于制作切削速度较高的各种刀具。此外，也用于制造某些模具和要求耐热、耐磨的零件。

为了有利于高速钢废料的回收与利用，有必要对高速钢的基本知识作简要介绍。

第一节 对高速钢性能的要求

为了使高速钢顺利制成各种刀具，为了使高速钢刀具在高速切削时能胜任工作，并有较长的使用寿命，对高速钢的使用性能和加工性能都有一定的要求。

一、使用性能的要求

1. 高硬度 由于高速钢刀具是用来加工金属材料的，它

的硬度必须大大高于被加工对象的硬度，因此，要求高速钢具有高的硬度。高速钢的硬度，通常指的是室温条件下的硬度，因其硬度值很高，故多采用洛氏硬度C级（HRC）来表示。一般高速钢成品刀具的硬度要求大于HRC 62，而高性能高速钢刀具的硬度可达HRC 67~70。

2. 好的高温性能 高速钢刀具在工作时，刀尖与被切削工件间由于摩擦和挤压而产生高温，通常为500~600℃，甚至更高。为了保持在高温下的切削能力，希望刀具的硬度不随温度上升而明显下降，即要求高速钢应有良好的高温性能，所谓高速钢的高温性能，就是指其在高温下具有高硬度的能力。表示这一能力大小常用的方法有两种，即“红硬性”和“高温硬度”。现分述于后。

1) 红硬性——其测定方法是将经过正常淬火及回火后的高速钢试样或刀具，在某一指定的温度再进行四次回火（每次回火一小时）后，测其室温下的硬度值，以此值表示在该温度下高速钢的红硬性。目前常用于测定红硬性的回火温度为：600℃、625℃、650℃。显然，在相同情况下测定红硬性时所取的回火温度越低，则其红硬性值就越高。因此，要比较各种高速钢的红硬性时，测定红硬性的回火温度应取相同值，否则就失去了可比性。高速钢的材质和热处理制度的不同，其红硬性也有明显的差异。目前高速钢在625℃下的红硬性值大致在HRC 58~65之间。红硬性的数值，也可用补充回火后保持硬度为HRC 58或60的对应温度表示。

从测定红硬性的方法可知，红硬性只反映了高速钢的抗回火能力。红硬性值越高，则其回火抗力越强，即经高温回火后硬度变化的倾向越小。所以这种测定方法，只能间接地反映高速钢在高温下硬度变化的倾向。

2) 高温硬度——其测定方法是将经过正常淬火及回火后的高速钢试样,置于真空中加热,当加热到某一指定温度并保持一定时间后,测定其硬度值。此时的硬度值称为高速钢在该温度下的高温硬度。一般常用的测定高温硬度的温度有:300℃、400℃、500℃、600℃等。高速钢在500~600℃范围内高温硬度为HRC 51~61 (HV520~750)。与红硬性相同,要比较不同高速钢的高温硬度,也应在相同的加热温度下进行。

从测定高温硬度的方法可知,高温硬度直接地反映出高速钢在高温下所具有的硬度,因而能较准确的反映其切削能力。

3. 耐磨性好 刀具在切削时如不耐磨,不仅影响刀具的寿命,而且也使被加工工件难以达到要求的精度和光洁度。高速钢的耐磨性,除与工具材料本身硬度有关外,更重要的是钢组织中碳化物的类型、数量、大小和分布。

4. 有一定的韧性和强度 在各种形式的切削加工过程中,刀具均承受着不同程度的压力和冲击,因此,高速钢应具有一定的韧性和强度,以保持刀具在使用过程中不崩刃、不断。

在高速钢中常用来表示其强度、韧性的指标,是抗弯强度、冲击韧性和断裂韧性。

高速钢的抗弯强度的测定,通常在万能材料试验机上进行。用10×10×120毫米的方形试样,支点间距为100毫米。作三点弯曲时,经最终热处理的高速钢的抗弯强度值,一般在200~400公斤/毫米²之间。也可用Φ5×70毫米的圆形试样进行测量,支点间距为50毫米。此时所测得的抗弯强度值较前法为高。

表示冲击韧性的冲击值，用 $10 \times 10 \times 55$ 毫米的无缺口方形试样，在冲击试验机上进行测定。经最终热处理后的高速钢，其冲击值一般在 $1.5 \sim 4.0$ 公斤·米/厘米²之间。

近年来表示材料性能指标的断裂韧性的理论，也应用到属于脆性材料的高速钢中。断裂韧性是材料本身的属性，是材料阻止宏观裂纹失稳、扩张能力的量度。它与材料的大小、形状、外应力无关，只与材料的成分，热处理及加工工艺有关。断裂韧性的值高，说明材料不易断裂，其寿命就相对长些。

断裂韧性值，用三点弯曲试样，其尺寸可用： $10 \times 20 \times 100$ 毫米。先在线切割机上开出切口，再经高频万能疲劳机预制疲劳裂纹，最后在万能试验机上进行弯曲（支点间距80毫米）和测试，并计算。热处理后的高速钢的断裂韧性值一般为： $25 \sim 50$ 公斤/毫米^{3/2}。当然，与结构材料比，高速钢的断裂韧性值低些。

二、加工性能的要求

高速钢必须经过锻造、轧制、机加工、热处理、磨削等工艺过程方能制成刀具。若其中任何一个环节不能实现，则制作刀具将成为不可能。所以使用性能固然重要，而适当的加工性能对保证钢材生产和刀具制作过程的顺利进行，也是必不可少的。

1. 高温塑性（热塑性）好 高速钢的锻造和轧制，不仅是为了使它获得一定的外形尺寸，更主要的还在于，通过锻造和轧制改变碳化物的大小和分布，从而提高钢材和刀坯质量。锻造和轧制能否顺利进行的关键，取决于高速钢在高温下的塑性。高温塑性好，钢材的成材率高，也有利于降低成

本。高温塑性是高速钢加工性能的一个重要方面，有时也会成为高速钢加工过程中的限制性环节。

2. 氧化脱碳倾向小 钢在高温下与氧接触，发生化学反应，使表面金属氧化，碳含量降低称之为氧化脱碳。高速钢表面严重的氧化，会造成钢材的大量烧损，使刀具的尺寸难于保证；由于脱碳，表层含碳量降低，热处理后得不到高硬度的组织，而影响刀具的寿命。为此，要求高速钢的氧化脱碳倾向小。

3. 晶粒长大的倾向小 由于生产工艺及化学成分的关系，钢材在淬火加热时，奥氏体晶粒长大的倾向是不同的。对于高速钢来说，希望奥氏体晶粒长大倾向小。这样，高速钢的热处理温度范围宽，允许的热处理加热温度也高，使热处理易于掌握，易获得理想的、均匀的组织，从而使高速钢能够在充分发挥其硬度潜力的基础上，保持较好的韧性。

4. 可磨削性能好 高速钢在制作刀具的最后阶段，要经过磨削加工，若磨削性能差，则给高效率成批生产刀具造成障碍。往往因为磨削困难而使刀具尺寸和光洁度难以保证，或生产率降低，成本提高。所以良好的可磨削性能，对于高速钢来说也是必要的。

从以上分析看来，在高速钢性能要求中存在着几对矛盾，即硬度高与韧性好之间的矛盾；红硬性高与热塑性好的矛盾；耐磨性与可磨性的矛盾。总之，主要是使用性能与加工性能之间的矛盾。只有解决好这些矛盾，才能得到理想的高速钢刀具。解决的原则，应该是在保证使用性能的前提下照顾到加工性能。

第二节 高速钢中合金元素的作用

高速钢中主要的合金元素除碳外，有钨、钼、铬、钒、钴。近年来也将铝、氮、硅、铌、稀土等元素加入高速钢中，收到一定的效果。

现将各元素在高速钢中的作用分述于后。

1. 碳 高速钢中碳含量较高，一般在0.7~1.5%之间。碳的作用主要是与大量碳化物元素形成合金碳化物。在淬火加热时，一部分碳化物溶于奥氏体，从而保证了马氏体的硬度，回火时合金碳化物呈弥散析出，造成二次硬化；另一部分未溶的碳化物，起细化晶粒及耐磨的作用。所以碳的作用是提_高钢的硬度、红硬性和耐磨性，而且效果十分显著。若含碳量不足，则上述作用不能充分发挥；若含碳量偏高，硬度及红硬性虽然高，但碳化物不均匀性也增加，使钢的塑性及韧性变坏；若含碳量进一步提高到某一限度时，钢的熔点降低，淬火温度也被迫下降，其结果，钢的红硬性、机械性能均会变坏。同时，碳含量增加，也会使残余奥氏体量增多而增加回火次数。因此，确定适合的碳含量是必要的。

高速钢中最适宜的碳含量，应根据碳化物形成元素钨、钼、铬、钒的含量来确定。通用高速钢的碳含量可取较低的数值，超硬高速钢往往增加碳含量，使之接近“平衡碳”。“平衡碳”是指保证钢中所有碳化物形成元素都形成合金碳化物所需的碳量，通常可按_下式近似计算：

$$C\% = 0.033\%W + 0.063\%Mo + 0.06\%Cr + 0.2\%V$$

过去在很长一段时期内，高速钢中碳含量偏低，因而妨碍了性能的发挥；若把碳含量提高到平衡碳水平，硬度值显