

日本模具技术交流资料

(第二册)

精密模具材料及其热处理

——在模具设计和制造中应采取的措施

浙江省经济委员会

浙江省机械工程学会

前 言

模具技术的进步，不但关系到机械产品，还直接影响到轻工、电子、仪表、家用电器等产品的发展。目前，我国的模具技术与国外先进水平相比，尚有差距，突出反映在模具精度和光洁度、模具寿命以及模具制造周期等方面，已经影响到有关产品的“上质量、上品种、上水平和提高经济效益”。

模具行业在日本是五十年代后期开始发展的，经过二十多年努力，现在，日本的模具技术水平已较先进，其经验值得我们借鉴。为了提高我国模具技术水平，1983年3月，国家经济委员会邀请由日本贸易振兴会派出的日本模具技术交流团来华，在北京和杭州两地进行了模具技术交流。该团在杭期间交流的技术资料，涉及模具的设计、制造、应用和模压件的设计、制造工艺等方面，内容丰富，对提高我国模具技术水平，可以起到一定的促进作用。为此，浙江省经济委员会委托浙江省机械工程学会编译成《日本模具技术交流资料》，在内部发行。

浙江省机械工程学会组织了由锻压学组组长冯桐笙、付组长陈继祥、张振强以及翁心权等同志组成的编译组，由编译组组织力量将资料按专题先编译成三册出版，第一册《冷冲压加工技术资料》，第二册《精密模具材料及其热处理》，第三册《塑料注射成形和模具》。

本资料为第二册，日本不二越冶金工业株式会社山本诚次著，赵英才译，陈溪芳、张振强校。

限于编译人员的经验和水平，译文中错误在所难免，望读者不吝指正，提出宝贵意见。

浙江省经济委员会
浙江省机械工程学会《日本模具技术交流资料》编译组

一九八三年九月

著 者 序

塑料模具的热处理大都是在模具试制成形后进行的，所以无论是进行氮化还是淬火，都不允许有变形（弯曲和扭转）或尺寸上的变化（由材料本身的组织结构等改变所引起的尺寸变化）。但是除氮化外，淬火时的变形和尺寸变化是经常遇到的，因而如稍有差错，模具就会报废，这也是必须考虑的。众所周知，热处理是利用钢的相变来获得材料所需性能的一种工艺方法，所以难免会产生变形和尺寸变化。为了尽可能避免模具报废，必须研究在模具设计中材料的选择和热处理的工艺方法、以及模具的形状、大小等等，甚至还必须研究在以前的设计中没有考虑到的问题。

此外，在热处理中，随着炉子的特性不同，处理效果也不同，因而必须充分掌握炉内的温度分布和冷却性能等特性，以便合理安排热处理工艺和调整装炉量。

最近几年塑料模具的热处理动向，确实已向通常所说的淬火态过渡，今后这种倾向势必更为强烈。还有，与此相应的模具材料的研制也很受重视，看来这类模具材料将不断增加。

本文根据热处理操作现场所获得的大量可靠的实际数据，提出了精密模具（包括冲压模）设计制造和热处理中应该采取的各种措施，供大家参改。

山本诚次

昭和57年 7 月

目 录

一、提高模具耐磨性的表面硬化处理	(1)
二、塑料模具钢的材料特性和氮化性能	(4)
三、关于不经淬火就能得到高硬度的材料MASI、YAG	(5)
四、怎样降低模具成本	(6)
五、正确选择材料和热处理方法,提高模具质量	(10)
六、取材方法和模具强度的关系	(10)
七、容易产生热处理变形的工件形状以及防止变形的措施	(14)
八、减小变形的热处理方法	(15)
九、模具形状不对称和淬火裂纹的关系	(16)
十、在热处理中怎样减小尺寸变化	(18)
十一、各种模具材料的热处理特性	(21)
十二、在模具的焊接修补中如何防止产生裂纹	(26)
十三、在线切割加工中怎样防止变形和裂纹	(27)
十四、简化的淬火焰火法	(29)
十五、在模具设计、制造及热处理中必须采取的措施	(31)
十六、真空镍钎焊在模具中的应用	(37)
十七、解答精密模具材料及热处理中的50个问题	(39)
十八、硬度换算表	(57)
附录	(59)

目录17的50个问题如下:

- 1.对各种塑料模具钢进行气体软氮化处理所能得到的硬度和深度如何?
- 2.为什么说塑料模具钢通常是脆性的?
- 3.不锈钢系模具材料也能进行气体软氮化处理吗?
- 4.气体软氮化处理适用于哪些塑料模具钢?
- 5.气体软氮化的零件和模具需要进行何种预处理?
- 6.气体软氮化处理会引起尺寸变化(膨胀或收缩)和变形吗?如会引起尺寸变化和变形,那么其情况如何呢?
- 7.气体软氮化处理可以多次重复进行吗?
- 8.气体软氮化处理时能否实现零件的局部氮化?
- 9.如何解决气体软氮化后的电镀问题?
- 10.通常清角部分形成氮化铁时会引起崩刃现象,在气体软氮化时将会怎样呢?

11. 由数种材料组合的模具可用气体软氮化处理吗?
12. 何谓气体软氮化处理的镜面性?
13. 塑料模具钢在堆焊修正中如何选用焊条和进行焊后的妥善处理?
14. 气体软氮化后进行焊接必须注意哪些问题?
15. 焊补经过淬火的模具应怎样进行妥善处理?
16. 未经热处理的模具在堆焊修正后进行氮化和淬火处理会有什么问题吗?
17. 怎样防止模具滑动部分的发热咬住现象?
18. 何谓TD处理?
19. 何谓复合电镀?
20. 为了提高模具的耐磨性, 是选用气体软氮化还是通过普通热处理使硬度提高, 一般如何确定?
21. 当树脂的玻璃纤维含量为 20% 左右, 其模具必须避免热处理时, 有无其他提高耐磨性的处理方法?
22. 对于含玻璃纤维 40% 以上的树脂, 如何确定模具材料及模具的热处理硬度?
23. 碳化物呈弥散分布的模具材料有哪些, 以及这些碳化物的硬度怎样?
24. 除塑料模具钢以外是否还有切削性能好的模具材料?
25. 析出硬化钢 YAG 和 MASI 经时效处理后收缩量怎样?
26. 析出硬化钢 MASI 和 YAG 经气体软氮化处理后, 氮化铁的硬度和深度以及它们与基体硬度的关系如何?
27. 欲防止模具凸出部分发生损坏, 应怎样确定模具材料及其热处理硬度呢?
28. 哪些模具材料能满足耐磨性和韧性两方面的要求?
29. 材料的方向性和取材方法的关系如何?
30. 应如何考虑塑料模取材方法和模具强度的关系?
31. 热处理前的去应力退火和淬火变形的关系如何?
32. 对于会产生腐蚀性气体的树脂, 其模具材料有哪些?
33. 当工件形状复杂时, 是否必须考虑发生淬火裂纹的问题?
34. 适用于热硬性树脂的模具材料有哪些?
35. 热处理时尺寸变化和变形小的材料有哪些?
36. 如何选择必须进行淬火的模具材料?
37. 不管模具的形状和大小如何, 都能保证尺寸精度的材料有没有?
38. 当模具必须淬火, 而热处理后尺寸改变和变形又无法避免时应如何处理?
39. 对扁平形状的模具必须考虑材料的方向性, 那么圆柱形模具应怎样呢?
40. 由不同材料制成的组合凹模经热处理后获得的尺寸精度如何?
41. 为了尽量减少真空淬火后的磨削, 磨削余量以多少为宜?
42. 一般说来, XW-10(RIGOR)、PD613、HMD1、STAVAX、SKD11 是热处理尺寸变化小的材料, 而它们能够得到的尺寸精度怎样呢?
43. 在精密机械零件中, 要避免热处理后的机加工, 应选用哪些材料?
44. 怎样通过热处理来减小模具的时效变化?

45. 在成形后要使经过热处理的模具分离,有时会分不开,其原因何在?应如何处理?
46. 所谓低温冷处理急热法是一种怎样的处理方法?其效果如何?
47. 电火花加工后的回火处理是否一定必要?
48. 怎样防止线切割加工中产生裂纹和变形?
49. 怎样使用焊炬进行局部退火处理?
50. 氮化处理后可用什么方法使需要进行机械加工的局部表面软化?

一、提高模具耐磨性的表面硬化处理

为了提高模具和钢零件的耐磨性，常用的办法是进行表面硬化处理，或通过普通热处理使硬度提高。是不是在一切磨损情况下都是越硬效果越好呢？那倒未必如此，还必须看到，越硬就越脆。特别是对复杂形状的塑料模具，不仅要求硬度高，而且还必须重视韧性。

表面硬化处理虽然随着树脂性质、产量和成形条件的不同其效果有所差别，但在尺寸精度和变形方面是可以放心的，其耐磨性和耐热咬合性也比较好，所以应用很广。通常用于精密模具的表面硬化处理，有气体软氮化、镀铬、复合电镀和卡宁吉恩化学镀镍等，一般来说，气体软氮化的应用最引人注目。此外，模具及其零件还广泛地采用TiC、TD、CVD等处理方法。

经气体软氮化处理的模具，对于含玻璃纤维达15%的热塑性树脂是完全适用的。而且，这时使用的模具材料希望采用氮化性能优良的塑料模具钢。

表1列出了塑料模具钢的种类和材料特性。但是，当希望得到更高的耐磨性时，就要

表1 塑料模具钢的材料特性

材 料	硬 度 (HRC)	钢 种 (JIS)	切削 性	韧性	镜面 性	研磨 性	焊接 性	氮化 性	气体软氮化的尺寸变化 (570℃×3.0小时)
NAK55	38~42	析出硬化	◎	△	○	○	○	◎	100mm增大 0.03~0.04mm
HPM1	"	"	○	○	○	○	○	◎	100mm增大 <0.015mm
DH2F	"	SKD61系	○	○	○	○	○	◎	"
FDAC	"	"	○	○	○	○	○	◎	"
KDAS	"	"	○	○	○	○	○	◎	"
MT24M	"	"	○	○	○	○	○	◎	"
HPM2	30~34	SCM440系	○	○	○	○	○	◎	"
PDS5	"	"	○	○	○	○	○	◎	"
IMPAX	"	SCM445系	○	◎	○	○	○	◎	"
HPM17	"	"	○	◎	○	○	○	◎	"
PSL	38~42	SUS630	△	◎	○	○	○	△	"
NAK101	"	"	△	◎	○	○	○	△	"

注：◎—最佳；○—良好；△—较好*

* 原文无说明，译者补注。

使用析出高硬度碳化物的材料(*SKD11*、*SKD11*的改良钢种*PD613*、*HPM31*和*SKD12*),调质至可加工的硬度范围,并进行软氮化处理。

当热硬性树脂或热塑性树脂的玻璃纤维添加量超过20%时,就必须通过热处理使整个模具得到高硬度。这时因抗压强度大幅度提高,所以承压面当然不会下陷。

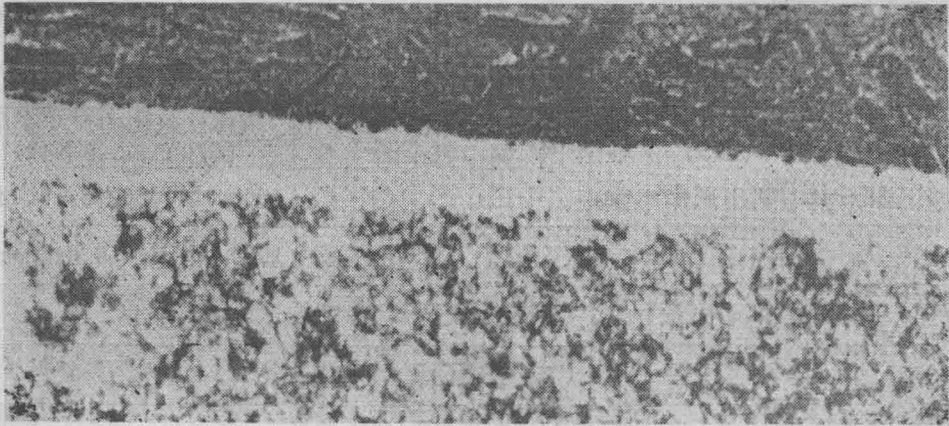
在表2中列出了能提高模具寿命的硬度与热处理条件。对热硬性和热塑料树脂来说,由于模具温度和注射压力等成形条件的不同,所以必须根据这些因素来确定热处理条件和模具硬度。表2所列举的模具材料是适用于冲压模的材料。

采用表面硬化处理时,因盐浴工艺容易使表面粗糙以及熔盐会堵塞模具孔等问题,所以应避免使用盐浴工艺。

照片1、2表示了气体软氮化表面和盐浴氮化表面粗糙度的不同。

通常希望采用不产生氧化、脱碳的无氧化气氛加热或真空热处理。但是对热处理后还需进行整体加工的模具,可不必限于上述热处理方法。

照片1 气体软氮化表面



照片2 盐浴氮化表面

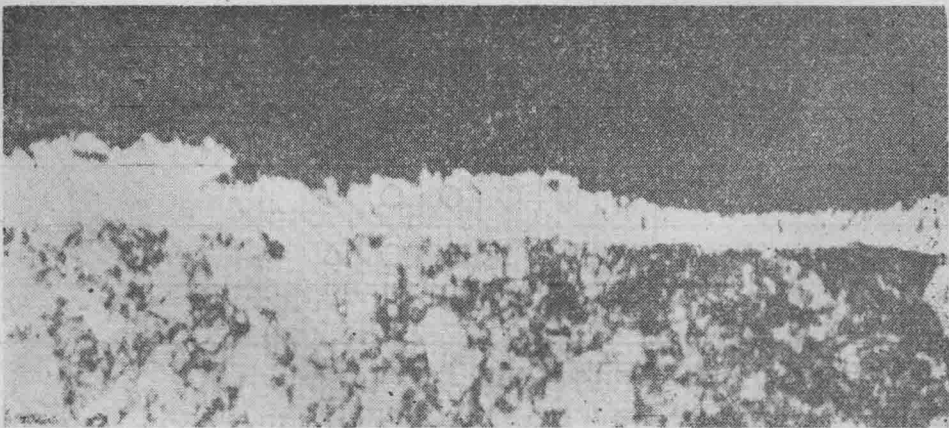


表 2

冷冲模具钢的热处理条件和热处理特性

钢 种	要求韧性的热处理条件和硬度		热处理后的尺寸变化	备 注
	淬火温度(°C)和冷却	回火温度(°C)		
SK	830~850(油)	180~200	56~58	SK 材料水淬时会引起淬裂, 所以进行油冷。淬透性差, 不适合于重量大的模具。
SKS3	830~850(油)	180~200	57~60	
HMD1	880~920(空)	200~220	58~61	SKS 钢的淬透性比 SK 钢好些, 但比热模具钢差。
HMD5	850~900(油)	200~300	58~60	这里给出的 5 种虽是火焰淬火钢, 但也可作一般模具钢使用, 其切削性能都很好。 特别是 HMD1 钢, 空冷时能得到稳定的硬度, 而且热处理后的尺寸变化和变形小, 所以塑料模也值得使用。对 HMD1 钢可用图 18 来判别, 在 200°C 回火时, 变形量为 +0.04%, 380°C 回火时变形量为 ±0.01%, 变形非常小。
GO ₆	900~950(油)	200~400	56~60	
SX ₄	920~960(油)	200~400	56~60	
SX105V	920~960(油)	200~250	56~60	
SKD11	1000~1020(空)	200~250	56~58	
PD613	1000~1020(空)	300~400	57~58	热处理后, 有的方向膨胀, 有的方向收缩, 所以取材时应注意。
HPM31	1000~1020(空)	200~250	57~58	PD613 和 HPM31 正如 SKD11 的改良钢种那样, 冲压模和塑料模都可以用, 尤其适用于尺寸精度要求高的模具。热处理后的尺寸变化如图 13 及图 15 所示。
XW-10 (RIGOR)	930~950(空)	320 或 520	57~58	XW-10 是热处理后尺寸变化最小的材料, 在模具重量小的情况下, 也能对机加工完成的模具进行淬火, 而且切削性也好, 热处理后的尺寸变化如图 17 所示。
KD-12 (AIREX)	950~980(空)	200~300	58~60	
YXR3 MH25	1120~1180(空)	550~570	58~60	这种材料可称为半高速钢, 是兼有韧性和耐磨性的材料。
SKH9	1160~1180(空)	550~580	59~61	是冲压模使用最多的材料, 显示出稳定的耐磨效果。
粉末高速钢 ASP23.30	1120~1180(空)	550~570	60~64	耐磨性好, 硬度为 HRC64, 韧性好, 对加工不锈钢等材料效果较好。并且对含 40% 左右玻璃纤维的树脂也非常有效。
KH432 HAP10.20	1120~1180(空)	550~570	60~64	
费罗奇克钛模具钢 C	900~950(油)	180~200	66~68	通过热处理可得到超硬硬度。费罗奇克钛模具钢 C 是偏重于耐磨性的材料, 费罗奇克钛模具钢 CM 是偏重于韧性的材料。
费罗奇克钛模具钢 CM	1100~1120(空)	500~520	62~64	

二、塑料模具钢的材料特性和氮化性能

塑料模具钢的种类和材料特性已列于表1。各种材料都是在制造厂商的严格管理下进行过淬火和回火处理的,所以对加工后不再进行热处理的模具来说是最合适的材料。但是,为了改善IMPAX、HPM17及其他材料的切削性能,加入了铅和硫等元素,所以略带脆性,这是一个缺点。这就担心由于模具形状和使用条件的不同而造成损坏,因此在特别容易损坏的凸出部分,最好使用韧性好的材料。例如,对塑料模具钢,可直接用IMPAX、HPM17以及

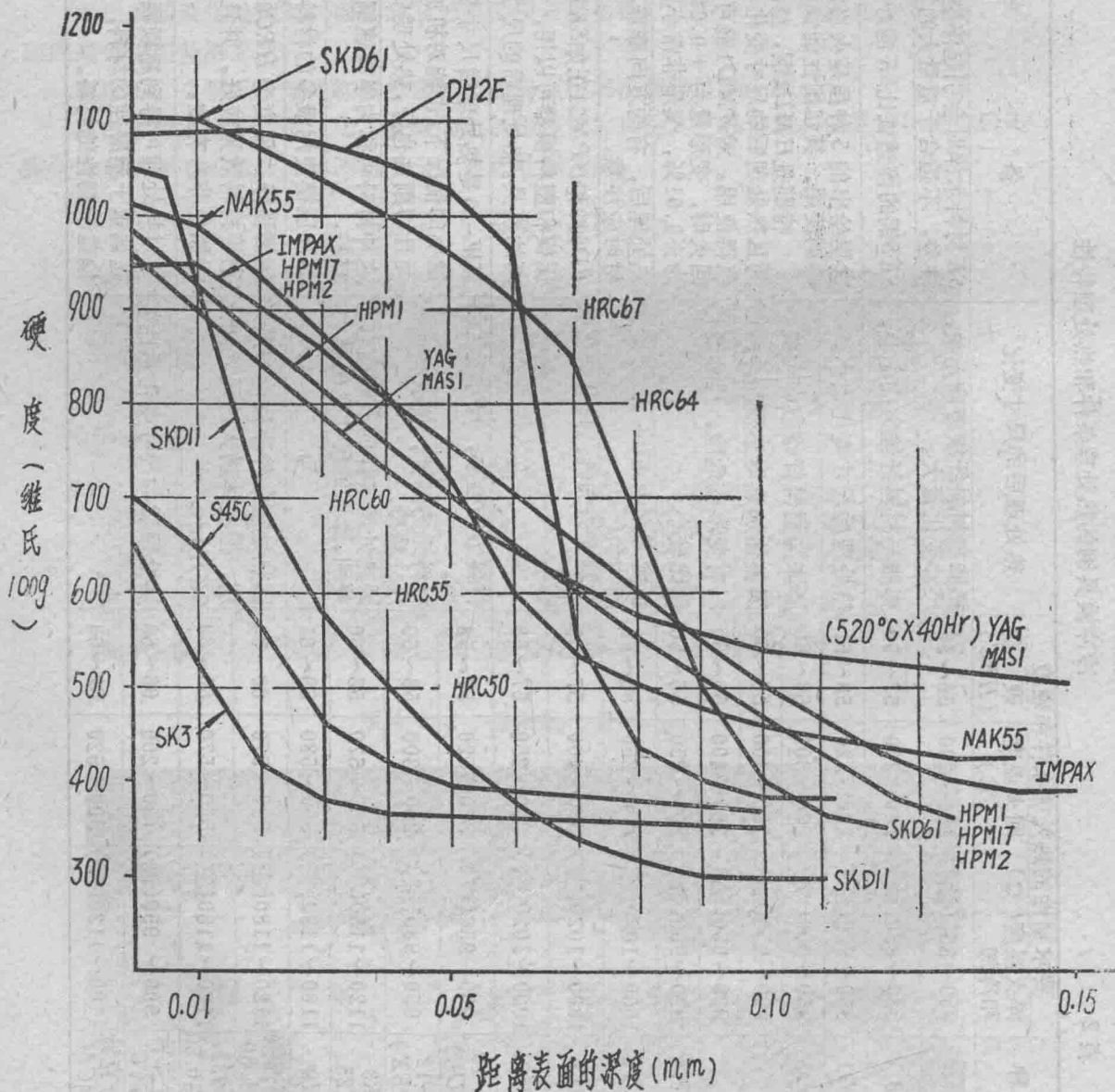


图1 各种模具钢氮化处理后的硬度分布
(处理条件: $570^{\circ}\text{C} \times 4.0 \text{ Hr}$)

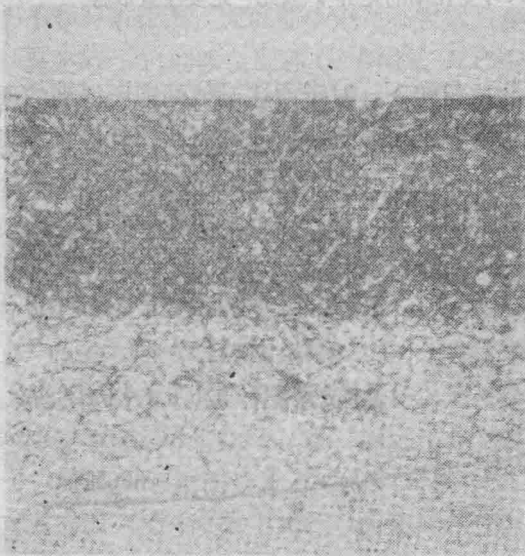
其他析出硬化钢MASI、YAG、热模具钢SK D61等。

图1所示的硬度分布曲线，为塑料模具钢在进行软氮化处理后的硬度与深度的关系。其氮化处理条件为：RX50:NH₃50，DP 0~5，处理温度为570℃，处理时间为4.0小时。这里所规定的条件是完全适合于精密塑料模具的。由图可以判断，任何一种材料都容易形成氮化铁，所以如果允许少量的变形和尺寸变化，把处理时间定为6.0~8.0小时，就能获得更厚的氮化层，从而可以更好地发挥氮化处理的效果。

此外还需指出，当进行这种处理后，其耐磨性、耐热咬合性、耐腐蚀性和疲劳强度等将显著提高。至于模具的耐磨效果，对于充填玻璃纤维的树脂，初期的耐磨效果尚好，而长期的耐磨效果不佳。当然，这还决定于玻璃纤维的添入量，对于氮化处理的材料，玻璃纤维应控制在20%以内。在使用塑料模具钢时，把经过氮化处理的模具与未经氮化处理的模具相比，按树脂性质的不同，模具寿命可提高3~5倍。

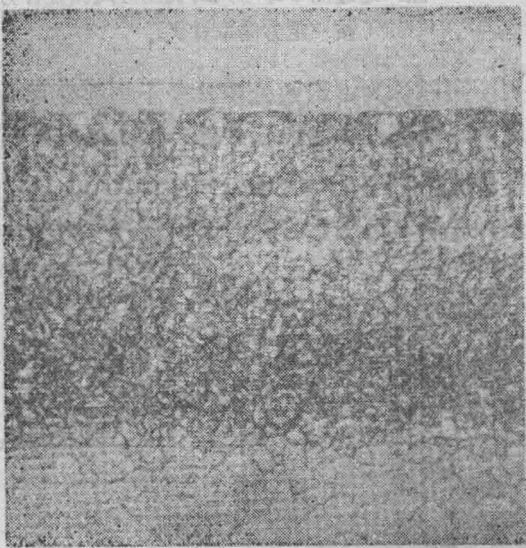
表1所列出的塑料模具钢，除析出硬化型钢以外，都是能进行热处理的。但是，由于热处理后的尺寸变化比较大，所以对已加工好的模具，最好避免进行普通的热处理，而提高塑料模具钢耐磨性的最好办法是依靠氮化铁的硬度。

照片3、4为NAK55和DH2F的氮化组织，可供参考。



照片3 气体软氮化处理组织

材料 NAK55 ×400
570℃×4.0Hr 油冷(RX50:NH₃50)



照片4 气体软氮化处理组织

材料 DH2F ×400
570℃×4.0Hr 油冷(RX50:NH₃50)

三、关于不经淬火就能得到高硬度的材料MASI、YAG

析出硬化钢在耐压、韧性、耐磨性和镜面性这一切方面都显示出稳定的效果，所以通常用于易损坏的复杂形状的零件（带有凸出部分的零件和细杆类零件），其效果十分显

著。使用这种材料时，一定要进行时效处理（ $480\sim 520^{\circ}\text{C}\times 3.0$ 小时），使其硬度达 HRC 48~53，这是十分重要的。

图 2 所示为进行时效处理时产生的尺寸变化。因为有 $0.04\sim 0.06\%$ 的收缩，所以对于尺寸精度要求高的模具和零件，就要预先考虑其收缩量。由图 2 可以看出，长度方向和直径方向的收缩稍许有些不同，对于这一点，也有必要予以充分注意。

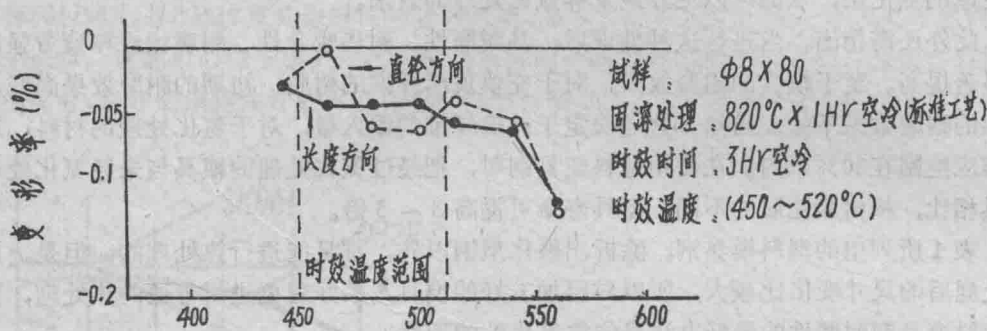
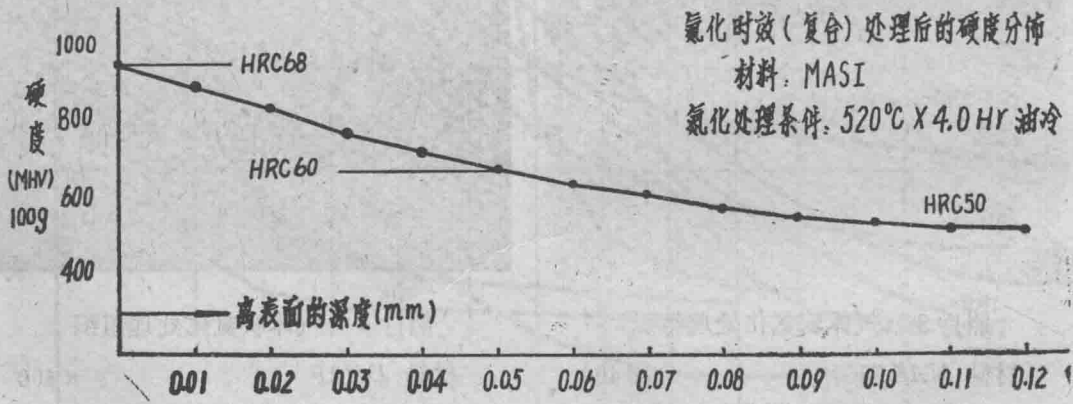


图 2

注：通过图 2 即可判断长度方向和直径方向尺寸变化率的差异，因此一定要注意取材（按一定方向取材）。

可以认为，时效处理几乎不引起变形（弯曲或扭转）。对于前述时效处理所得到的硬度，在耐磨性和耐热咬合性方面不足时，可采用同时发生时效和形成氮化铁的气体软氮化处理，效果很好。

用这种处理工艺所获得的硬度和深度可参照下图。



四、怎样降低模具成本

模具成本主要取决于制作模具所需要的加工时间。不用说，随着模具的形状和精度等的不同，所需的加工时间也不相同。但是在加工过程中，热处理工艺的按排不同，都会使模具成本有很大的差异。

对于塑料模具钢，通常或者是直接使用，或者是氮化处理后使用。对必须进行热处理的模具，存在着怎样缩短加工时间的问题。

缩短加工时间所必需采取的措施依次叙述如下：

●选择空冷即能获得高硬度的材料

对不进行水冷或油冷便不能获得高硬度的材料，因为冷却时必然会产生变形，所以虽然给予足够的加工余量（研磨余量），可以进行热处理，但如果要避免热处理后的加工，那就不应采用。

如果是空冷钢，那么尽管冷却速度缓慢，也能得到所要求的硬度。所以为了不产生变形，可在装炉时采取措施。特别是对于复杂形状的模具，或容易弯曲的薄板等，有否采取措施，其变形相差便很大。总之，为了减少或避免热处理后的加工，就应采取空冷钢。

●切削性能取决于钢中弥散分布的碳化物的大小、数量及硬度

通常在适合于淬火的模具材料中，由于或多或少地添加了 Cr 、 Mo 、 W 、 V 等合金元素，所以在这样的材料中，必定会析出高硬度的碳化物。即可以认为加工性差的主要原因是由这些碳化物所引起的。通常说模具寿命的长短是由耐磨性的好坏来决定的，而耐磨性又取决于热处理获得的马氏体组织和碳化物两者所起的作用，所以析出碳化物的材料比不析出碳化物而加工性好的材料呈现更好的耐磨性。关于切削性能，它取决于析出碳化物的大小和分布状态。因而简单地说，在这方面得到改善的材料就可以使用了。与此相对应的材料是 $SKD11$ 的改良钢种（ $PD613$ 、 $HPM3$ ）和 $SKD12$ 钢种 [$XW-10$ ($RIGOR$)、 $HMD1$ 、 $KD12$ ($AIREX$)]。但是，这里提到的模具材料的切削性能是对适合于热处理的材料而言，因此加工性好的 $NAK55$ 等塑料模具钢不在讨论之列。此外，必须按照模具材料的硬度和钢种来改变刀具、切削速度和砂轮种类等的加工条件，因为这些也影响到切削性能，所以不能轻易地评价切削性能的好坏。但是可以说，通常对这些材料切削性能的评价要比特殊工具钢 (SKS) 少许差些。特别是磨削性能的好坏取决于砂轮性质，所以可以认为在这方面进行研究是十分重要的。

●使用方向性小和热处理后尺寸变化不大的模具材料

关于材料的方向性，应该分析各种材料的热处理特性图，选择在长度方向、宽度方向和厚度方向尺寸变化率一致，而且尺寸变化量小的材料。

例如，根据图 3 所示的 $DC11$ ($SKD11$) 和图 4 所示的 $DC12$ ($SKD12$) 的热处理特性，对方向性和尺寸变化量进行分析研究，经过热处理， $DC11$ 的长度方向增加，直径方向缩小，但 $DC12$ 的长度方向和直径方向均增加，即可以说， $DC11$ 有方向性， $DC12$ 无方向性。当然是没有方向性的材料好，所以 $DC12$ 比较好。

而且， $DC11$ 的尺寸变化量，无论在长度方向还是在直径方向，都以相当大的变化率在变动。与 $DC11$ 相比， $DC12$ 的尺寸变化率在长度和直径方向基本一致，而且尺寸变化量与 0% 的直线平行。所以在热处理时，对尺寸精度要求高的模具，应使用 $DC12$ 。这一点对减少或节省加工工时数是十分重要的。

各种模具材料必然都有各自的热处理特性图，所以必须从特性图中查出回火温度和尺寸变化量、回火温度和硬度的关系等以后，再选择材料。

●按一定的方向取材

任何材料都具有热处理特性图，根据各种模具材料的热处理特性图，就可了解材料的方向性。所以组合模具（组合套模、活动或固定组合模）都要预先统一材料的方向性，这是很重要的。如材料的方向性不一致，则热处理后尺寸变动就参差不一，最严重的情况甚至会使模具报废。

在设计必须淬火的模具时，应在图面上用箭头指出材料的轧制方向。如果该材料的方向知道，则在产生问题时查明原因就比较简单了。若图面上已指出材料方向，则材料必须根据图纸的要求来安排。如果取材正确，那么即使热处理时尺寸有变动也是可以予料的。但是，如取材的方向不照图面那样，或热处理不恰当，那就可能会出现意外的尺寸变化。在这种情况下，应用显微镜观察模具的表面组织，如材料的方向与图纸符合，就应彻底地检查热处理工序。如果取材与图纸规定不一致，那么发生问题是必然的了。

照片 5 为 SKD11 的显微组织，碳化物沿着轧制的长度方向断续地延伸，所以能清楚地看出材料的方向性。

以往在模具的制造中，特别是必须进行热处理的模具，即使发生了问题，也往往不明其原因，这是因为过去对这一点未加重视的缘故。

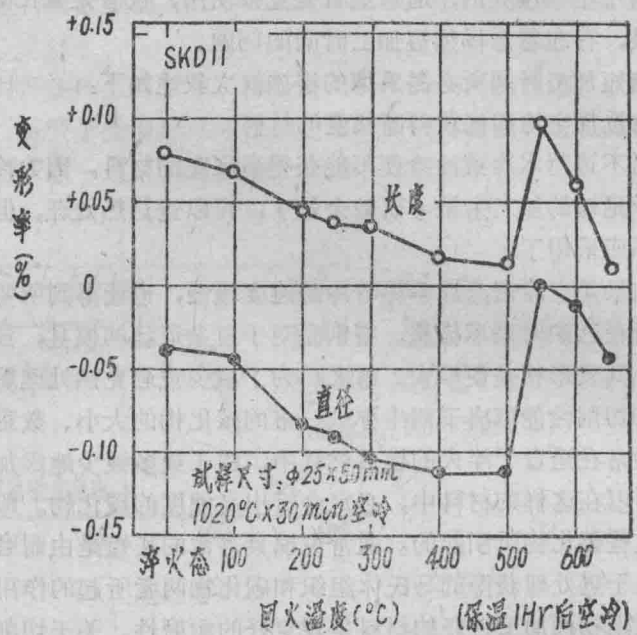


图 3 热处理变形率

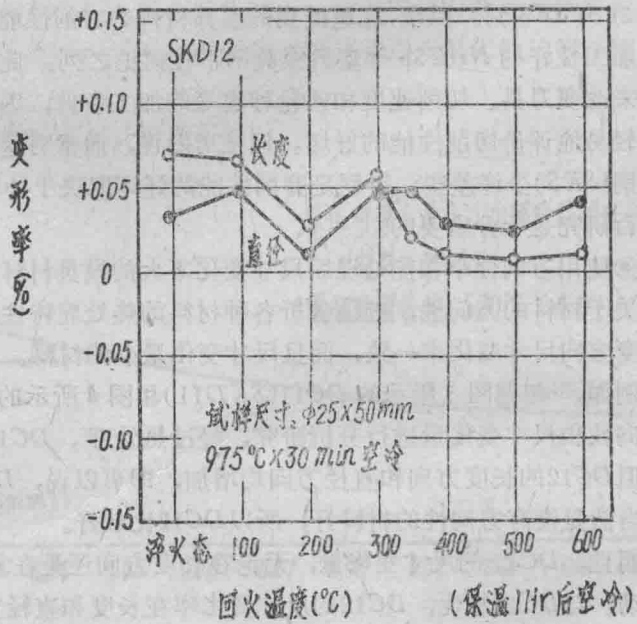
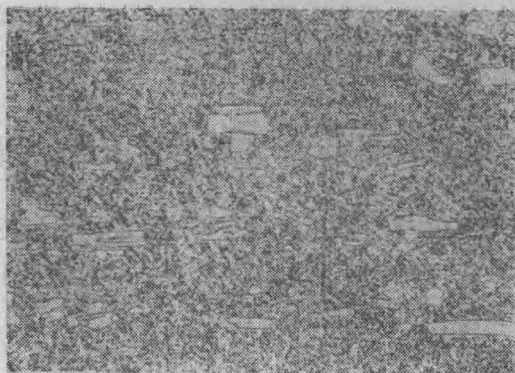


图 4 热处理变形率



照片5 材料 SKD11 ×400
在整个基体上呈弥散分布的白色物为高硬度碳化物
←压延方向→

应该按照材料方向计算出最佳的磨削余量，即合理的磨削余量，最大限度地缩短热处理后的磨削工时数和总的加工时间。如由SKD11的热处理特性来说明这一点，那么就能找出不同回火温度的长度方向、宽度方向和厚度方向的尺寸变化率(%)。其模具的取材如清楚的话，把该方向上的尺寸变化率乘以模具的尺寸(毫米)，就能推算出热处理后的尺寸变化量。如果这样，根据各种材料的热处理特性图就可知其尺寸变化量，决定取材的方法，也就能根据模具的大小、形状或者要求的尺寸精度，来省略以后的加工。可以认为，今后的模具设计如果不考虑这一点，就不能降低模具的成本。

◎进行无氧化脱碳的热处理

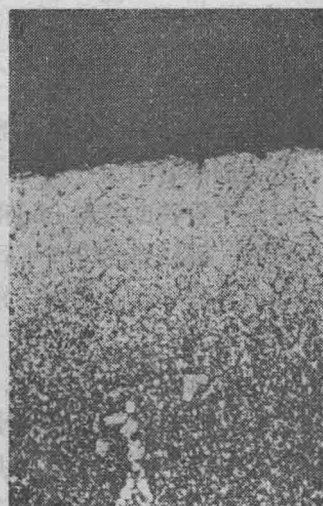
不管是冲压模还是塑料模，都应尽量避免热处理后使钢的性能降低。特别是塑料模，大多是在试制成形后进行热处理的，所以不能有氧化和脱碳。而且，即使在热处理后还需进行机加工的模具，无氧化脱碳对质量和加工性也是绝对有利的。例如关于加工性，有形成氧化铁皮，对磨削时间和砂轮的消耗，都会有很大的影响。

真空热处理是无氧化加热的典型工艺，无可否认，其费用比用盐浴和电炉等普通热处理要高。但是，如果不光考虑热处理费用的高低，而且从处理后的加工工时数和处理质量方面考虑，则成本还是明显下降的。

◎一点建议◎

右面照片显示了在氧化气氛中进行热处理的表面脱碳状态。

这样的脱碳层如果存在于模具表面，特别是存在于承压面时，将会失去耐磨性，在成形中引起损坏的危险性很大。



表面脱碳层组织 (×200)

对形状复杂,尤其对必须减少或省去热处理后的机加工的塑料模,应尽量避免这种易产生脱碳层的热处理。

五、正确选择材料和热处理方法,提高模具质量

可以说,所有的钢都要通过热处理以改善材料的性能,但是还不能说仅仅进行热处理就可以了。例如,即使是同样的模具,当使用条件要求刃口锋利和耐磨时,应以硬度作为重点,而对耐冲击性要求高时,则必须重视韧性。

但是,只有耐磨性是它们共同要求的,所以必须获得高硬度。众所周知,硬度和韧性是相反的性能,因而要同时满足这两方面的性能是很困难的。

在这种情况下,热处理应注意哪一方面呢?经过对各种材料机械性能的分析,认为通常在要求高韧性时,应在获得高冲击值的温度下进行回火,这一点是十分重要的。而且,为了控制晶粒的长大,淬火温度应该采用下限。例如,SKD11为 $1000\sim 1200^{\circ}\text{C}$,SKH9为 $1120\sim 1150^{\circ}\text{C}$ 。

关于模具材料的选择,必须满足模具本身所要求的机械性能,即应该具有能承受相应压缩应力的抗压强度,高的韧性和疲劳强度,能承受反复弯曲应力,而且具有良好的耐磨性等。这方面应根据钢中所加合金元素的种类和含量,选择心部也能得到高硬度的材料,即应该选择淬透性好的材料(空冷钢)。

再有,在热处理时不能有氧化、脱碳、硬度不均匀和淬火裂纹等缺陷,所以应该采用无氧化气氛的光亮热处理或真空热处理。

硬度均匀与否与模具的大小和形状有关,如使用淬透性好的空冷钢,就不会产生模具报废那样的差错。热处理变形也与模具的大小和形状有关,如采用空冷就能获得所要求硬度的材料,当然要比必须快冷才能获得高硬度的材料要好些。

表3归纳了以上所述的内容,由表可以看出钢种的级别与模具质量的直接关系。

六、取材方法和模具强度的关系

一般市场上出售的材料,大部分经过轧制、拔长、拉丝等塑性加工,所以纤维状组织是沿着长度方向伸长的。

图5显示了沿长度方向(L)和与长度方向成垂直的方向(C)取材,其机械性能是不同的。由图可知,因材料的方向不同,其断面收缩率、冲击韧性和延伸率也有相当大的差异。这种倾向在高硬度碳化物呈弥散析出的冷模具钢和高速工具钢中,差别尤为明显,因此必须特别注意。

图6所示为合理的取材方法。在任何情况下,均使材料的长度方向和加工主应力方向成垂直,这时材料便处于良好的使用状态。毫无疑问,冲压模也要求耐冲击性,所以必须特别重视这个问题。如果取材方法如图6不合理的例子那样,加工主应力与长度方向一致时,由照片6可以明白,有沿着碳化物流线产生裂纹的危险。当然,把模具损坏的原因仅仅归究于取材的好坏是轻率的,因为事故发生的原因很多。例如,模具材料的热处理质

塑料模具材料的热处理特性

表 3

模具材料	塑料模具的热处理条件			材 料 的 热 处 理 特 性
	淬火温度 (°C)	树脂性质	回火温度 (°C)	硬度 HRC
SK D11	1000~1020	热塑性	200~250	58~60
		热固性	510~530	56~57
HPM31	1000~1020	热塑性	200~320	58~60
		热固性	510~530	55~57
PD613	1000~1020	热塑性	200~320	58~60
		热固性	510~530	55~57
XW10 (RIGOR)	930~950	热塑性	200~320	58~60
		热固性	510~530	55~57
HMD1	880~950	热塑性	200~320	58~60
		热固性	320~380	55~56
KD12 (AIREX)	950~980	热塑性	200~320	57~60
		热固性	280~320	
CO4	830~860	热塑性	200~320	54~60
		热固性	280~320	

因为长度方向膨胀,直径方向收缩,所以对扁平形状的模具应注意取材。用于组合凹模的时候,尺寸变化量少。为了减小尺寸变化,取较低的淬火温度为好。

PD613和HPM31是塑料模具钢SK D11的改良钢种。这二种材料的方向性和尺寸变化量都比较小,所以不管是扁平形状或是圆形,热处理后都能获得高的尺寸精度,而且韧性和切削性都好。此外,这种钢不仅适用于塑料模具,而且也具备适用于冲压模具的材料特性。对XW-10、HMD1和KD12钢种,它们与上述材料相同,材料的方向性和尺寸变化量小,所以不必考虑形状,可大胆采用。但是要想在热处理后获得高的精度,最好模具的大小(一边长度)在120毫米以下,这一点对各种材料来说都是适用的。不过即使对这些方向性小的钢种,也应充分注意取材的方法。

可以认为,这里所列举的SK D11的改良钢种和SK D12钢种必将成为今后塑料模具材料的主要钢种。

各种材料的热处理特性请参照下面的图:SK D11—图12、PD613—图13、XW-10—图17、HMD1—图18、KD12—图19、HPM31—图15。

因为长度方向和直径方向的尺寸变化量大,所以应避免对机加工完毕的模具进行淬火。和SK D11一样,得到的尺寸精度由取材的方法来决定。