

高速钢热处理新工艺

第一机械工业部情报所编

机械工业出版社



77.17

627

高速钢热处理新工艺

第一机械工业部技术情报所编



机械工业出版社

本《高速钢热处理新工艺》技术资料是介绍近几年来出现的提高高速钢刀具、模具和耐磨损零件质量与使用寿命的一些新热处理工艺。主要有提高刀具的切削性能的盐浴分级淬火工艺，消除淬火裂纹和减小变形的高温分级淬火工艺，改善模具韧性而解决折损事故的低温淬火工艺，提高高速钢二次硬化及耐热性的低温回火工艺，可显著延长使用寿命的真空热处理工艺、形变热处理工艺和一些表面化学热处理工艺，以及综合介绍各种高速钢的特性和选用，特别是当前使用较为广泛的 M2 (W6Mo5Cr4V2) 高速钢的性能和热处理工艺。

可供热处理工人、技术人员和高等院校有关专业的师生参考。

0402/07

高速钢热处理新工艺
第一机械工业部技术情报所编
(内部发行)

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 · 印张 6 1/4 · 字数 150 千字

1975 年 11 月北京第一版·1976 年 1 月北京第二次印刷

印数 7,001~19,000 · 定价 0.54 元

*

统一书号: 15033·(内)665

出版说明

在1900年美国的 Bethlehem 在巴黎举行的万国博览会上表演高速切削之后,使高速钢从此而得名。那时使用的高速钢是钨系高速钢。随后直到 1914~1918 年间,在德国因缺钨矿资源,研究出钼系高速钢,钼含量高达 6~13%。一直延至到 30 年代在美国才提出了钼系 M2 的高速钢,因其性能更好,同时又发现了丰富的钼矿,于是钼系高速钢在品种和产量方面都发展很快。现在钼系高速钢已经在世界各国广泛使用。

由于工业生产的迅速发展,切削加工速度日益提高,模具使用条件日益严格,为了适应这种需要,虽然高速钢品种有较大的增多,但是高速钢用的合金元素多而且量大,致使冶炼生产过程的难度大,价格昂贵。因此各国对高速钢的使用量都力求节省,其中较为有效的方法是采用和发展先进的热处理工艺,以提高使用寿命而达到节省材料之目的。我们收集了国外有关这方面的部分资料,共 16 篇,并由高彩桥、姚忠凯、杨德庄和苏欣宁等同志翻译而予以出版。仅供参考。

由于水平有限,不妥之处,请同志们批评指正,

第一机械工业部技术情报所

目 录

一、高速钢与热处理	1
二、P6M5高速钢的热加工特点	22
三、P6M5高速钢的热处理特点	24
四、高速钢(M2) 淬火	27
五、高速钢的高温分级淬火	29
六、分级淬火的冷却条件对某些高速钢性能的影响	33
七、高温分级淬火对高速钢性能的影响	37
八、高速钢形变热处理新工艺	40
九、高速钢的低温淬火	44
十、低温回火对高速钢性能的影响	55
十一、高速钢的两次回火法	58
十二、提高切削工具寿命的表面处理方法	60
十三、切削刀具的氮氧共渗	74
十四、工具钢的真空热处理	78
十五、高速钢的选定标准	86
十六、粉末高速钢及其近况	92
十七、高速钢(W.MO系) 牌号对照表	96

一 高速钢与热处理

高速钢不但具有优异的红硬性和耐磨性，而且还具有良好的机械性能，所以一般用于制造切削工具外，还广泛用于制造模具、轧辊以及耐磨零件等。现在使用的高速钢有很多种，一般使用的高速钢在 JIS 规格中一共有 13 种。

1. 种 类

JIS (1968年 1 月 1 日制定) 所规定的13种高速钢的化学成分、热处理条件和 硬度 如表 1~表3 所示。含W量多的是SKH2~SKH10，称为W系 高速 钢，含 Mo 量在 2% 以上的是 SKH9~SKH57，称为 Mo 系高速钢，后者韧性较好，用于制造要求韧性较高的各种切削工 具。

表 1 高速工具钢的种类和化学成分

钢 号	化 学 成 分 [%]										用 途	类似钢号 AISI
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	W	V	Co		
SKH2	0.70~ 0.85	0.40 以下	0.40 以下	0.030 以下	0.030 以下	3.80~ 4.50	—	17.00~ 19.00	0.80~ 1.20	—	一般切削用的各种 工具	T 1
SKH3	0.70~ 0.85	0.40 0.40	0.40 0.40	0.030 0.030	0.030 0.030	3.80~ 4.50	—	17.00~ 19.00	0.80~ 1.20	4.50~ 5.50	高速重切削用的各 种工具	T 4
SKH4 A	0.70~ 0.85	0.40 0.40	0.40 0.40	0.030 0.030	0.030 0.030	3.80~ 4.50	—	17.00~ 19.00	1.00~ 1.50	9.00~ 11.00	难切削加工材料 用的各种工具	T 5
SKH4B	0.70~ 0.85	0.40 0.40	0.40 0.40	0.030 0.030	0.030 0.030	3.80~ 4.50	—	18.00~ 20.00	1.00~ 1.50	14.00~ 16.00		T 6
SKH5	0.20~ 0.40	0.40 0.40	0.40 0.40	0.030 0.030	0.030 0.030	3.80~ 4.50	—	17.00~ 22.00	1.00~ 1.50	16.00~ 17.00		—
SKH10	1.45~ 1.60	0.40 0.40	0.40 0.40	0.030 0.030	0.030 0.030	3.80~ 4.50	—	11.50~ 13.50	4.20~ 5.20	4.20~ 5.20	更难切削加工材料 用的各种工具	T 15
SKH9	0.80~ 0.90	0.40 0.40	0.40 0.40	0.030 0.030	0.030 0.030	3.80~ 4.50	4.80~ 5.50	5.50~ 6.70	1.60~ 2.20	—	有一定韧性要求一 般切削用的各种工具	M 2
SKH52	1.00~ 1.10	0.40 0.40	0.40 0.40	0.030 0.030	0.030 0.030	3.80~ 4.50	4.80~ 6.20	5.50~ 6.70	2.38~ 2.80	—	较高韧性的高硬 度的材料切削用的 各种工具	M3-1
SKH53	1.10~ 1.25	0.40 0.40	0.40 0.40	0.030 0.030	0.030 0.030	3.80~ 4.50	4.80~ 6.20	5.50~ 6.70	2.80~ 3.30	—		M3-2
SKH54	1.25~ 1.40	0.40 0.40	0.40 0.40	0.030 0.030	0.030 0.030	3.80~ 4.50	4.50~ 5.50	5.30~ 6.50	3.90~ 4.50	—		M 4
SKH55	0.80~ 0.80	0.40 0.40	0.40 0.40	0.030 0.030	0.030 0.030	3.80~ 4.50	4.80~ 6.20	5.50~ 6.75	1.70~ 2.30	4.50~ 5.50	较高韧性高速重 切削用的各种工具	M35
SKH56	0.80~ 0.90	0.40 0.40	0.40 0.40	0.030 0.030	0.030 0.030	3.80~ 4.50	4.80~ 6.20	5.50~ 6.75	1.70~ 2.30	7.00~ 9.00		M36
SKH57	1.15~ 1.30	0.40 0.40	0.40 0.40	0.030 0.030	0.030 0.030	3.80~ 4.50	3.00~ 4.00	9.00~ 11.00	3.00~ 3.70	9.00~ 11.00		—

表2 高速工具钢的退火温度和硬度

钢 号	退 火 温 度 [°C]	退 火 硬 度 [HB]
SKH 2	820~880缓冷	248以下
SKH 3	840~900缓冷	262以下
SKH4 A	850~910缓冷	285以下
SKH4B	850~910缓冷	311以下
SKH 5	850~910缓冷	337以下
SKH10	820~900缓冷	285以下
SKH 9	800~880缓冷	255以下
SKH52	800~880缓冷	299以下
SKH53	800~880缓冷	269以下
SKH54	800~880缓冷	269以下
SKH55	800~880缓冷	277以下
SKH56	800~880缓冷	285以下
SKH57	800~880缓冷	285以下

表3 高速工具钢的淬火回火温度和硬度

钢 号	热 处 理 [°C]		淬 火 回 火 硬 度 [HRC]
	淬 火	回 火	
SKH 2	1260~1300油冷	550~580空冷	62以上
SKH 3	1270~1310油冷	560~590空冷	63以上
SKH4 A	1280~1330油冷	560~590空冷	64以上
SKH4B	1300~1350油冷	580~610空冷	64以上
SKH 5	1300~1350油冷	600~630空冷	64以上
SKH10	1200~1260油冷	540~580空冷	64以上
SKH 9	1200~1250油冷	540~570空冷	62以上
SKH52	1200~1250油冷	540~570空冷	63以上
SKH53	1200~1250油冷	540~570空冷	63以上
SKH54	1200~1250油冷	540~570空冷	63以上
SKH55	1220~1260油冷	530~570空冷	63以上
SKH56	1220~1260油冷	530~570空冷	63以上
SKH57	1220~1260油冷	530~570空冷	64以上

SKH2是W系高速钢的典型钢种,添加Co合金元素的SKH3~SKH5因含Co量高,故具有优良的红硬性,提高切削能力,但是Co含量增大脆性也大,作为断续切削的工具就显示不出这种优越性能。SKH10约含有5%的V,在高速钢中是耐磨性最好的钢种,最适用于切削高硬度的调质钢和耐热合金钢等。

SKH9是有代表性的Mo系高速钢,因其韧性最高,又具有适度的耐磨性和耐热性,所以除了制作一般切削工具之外,还广泛用于制作冲头和模具等。SKH52~SKH54随V含量增多耐磨性逐渐提高,除制作铣刀类工具外,也用于制作要求耐磨的模具。SKH55~SKH56是SKH9添加Co提高耐热性的钢种,制作铣齿工具和切削条件要求严格的各种工具。SKH57是耐热性和耐磨性优异的高级高速钢,同SKH10一样,用于制作难加工钢材的切削工具。

2. 各种元素的影响

在叙述热处理方法之前，先介绍主要合金元素在高速钢中的影响，供热处理和使用时参考。

a. 碳的影响 在淬火状态下，部分碳固溶在铁中，其余部分和W、Cr、V等元素形成合金碳化物，是对高速钢性质影响最敏感的一个元素。

如果碳含量少则2次硬化效果小，反之碳含量过高则熔点下降，若不降低淬火温度会产生共晶组织，脆性显著增大，而且碳化物颗粒粗化结果使切削寿命降低，所以希望要参照其他合金元素恰当地调整碳含量。

b. 铬的影响 铬在高速钢中的含量一般是3.5~5%，其主要作用是提高淬透性，另外使高速钢在热处理时具有抗氧化性的能力。根据切削试验确知含铬量在4~5%左右切削能力最高。

c. 钨的影响 高速钢中的部分钨和碳形成合金碳化物 (M_6C)，使高速钢有更好的耐磨性，部分钨固溶于基体中提高高速钢的抗回火稳定性和红硬性。钨在高温状态下，能防止晶粒长大，而且提高高速钢的熔点，所以对淬火温度不敏感。钨含量少的高速钢则要注意控制淬火温度。

d. 钼的影响 钼的性质与钨相似，1%的钼相当于2%钨的影响（钼的原子量约为钨原子量的1/2）。钼碳化物比钨碳化物细小易于球化，进行充分锻造的钼系高速钢，其碳化物细小且弥散分布，所以具有优异的韧性。因钼系高速钢容易发生脱碳现象，而且合适的热处理温度范围又窄小，所以淬火加热要在盐浴炉或保护气氛炉中进行，还要注意对温度的控制。钼对回火稳定性的影响比钨小。

e. 钒的影响 钒与碳形成极硬的MC型碳化物，虽然提高高速钢的耐磨性，但是也给磨削加工造成困难。加热到高温钒的碳化物也不易固溶，故有防止晶粒长大的作用，由于和碳的结合力很强，因此淬火加热时钒就强烈影响碳固溶于基体中的量，由此可见，要得到适当的淬火回火硬度，必需使高速钢的碳与钒具有一定的量关系（1%的钒约需加0.2%的碳）。但是，同时增加碳和钒量则会使韧性降低，使锻造等热塑性加工性能恶化。

f. 钴的影响 钴是不形成碳化物的合金元素，几乎全部固溶于基体中，钴提高碳在铁中的溶解度，增大碳化物在基体中的固溶量，所以提高了回火硬度、高温硬度和切削寿命。但是，钴能助长碳化物产生偏析，有脆性倾向和脱碳倾向，另外提高熔点，使残留奥氏体量有增大的倾向。

3. 锻造操作

高速钢含有多种合金元素，导致钢的热传导性和锻延性都差，因此在锻造过程中要特别注意，即要给予充分的加热均匀化的时间，锻造时应避免激烈的锻打。锻造的目的是细化碳化物，并使之均匀分布。

a. 加热与锻造温度

高速工具钢装入加热炉之前，要先在400~500℃预热，再缓慢加热到800~900℃。为了防止锻造裂纹的产生，在800~900℃的预热时间要充分，这一点是很重要的。为了尽量防止氧化脱碳，从800~900℃应快速升温到锻造温度。

表 4 推荐锻造温度

钢 号	锻 造 温 度 [°C]	钢 号	锻 造 温 度 [°C]
SKH 2	900~1150	SKH 9	900~1150
SKH 3	900~1150	SKH52	900~1150
SKH4 A	900~1150	SKH53	900~1150
SKH4B	900~1150	SKH54	900~1150
SKH 5	950~1200	SKH55	900~1150
SKH10	980~1180	SKH56	900~1150
		SKH57	950~1150

推荐的锻造温度如表 4 所示。如果锻造温度过高, 碳化物就融合长大, 形成大块的碳化物使工具的质量下降。如果进一步升高温度, 就会产生局部熔化, 不能进行锻造了。如果锻造温度过低, 则形变抗力增大, 锻延性降低, 容易产生锻造裂纹。

为了防止高速工具钢在锻造终了产生龟裂和畸变, 把小锻件放入热灰等保温介质中缓冷, 较大的锻件在锻造后直接装进 800~900°C 的加热炉中, 然后随炉冷却。在采用恒温转变工艺时, 可以在锻造后装入约 750°C 的炉中, 并在这个温度下保持 4~5 小时, 然后进行空冷。如果淬火处理锻造后退火不充分的工具时, 应当注意晶粒会发生异常的成长, 使工具变脆了的现象。

b. 锻造比

如前所述, 高速工具钢经过锻造后, 使碳化物细化了, 而且分布均匀了, 结果提高钢材的韧性和切削耐用度。高速钢 SKH9 的锻造比与碳化物分布变化的关系如图 1~图 6 所示。图 7 表示了锻造比与抗弯强度的关系。按 JIS 规定锻造比都在 6 S 以上。

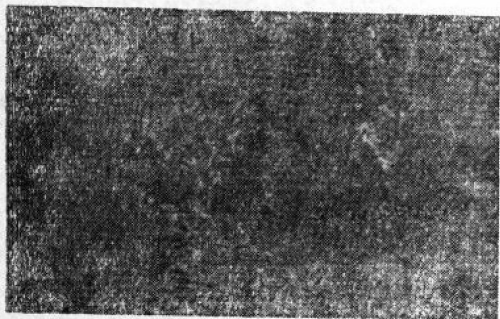


图 1 SKH9, 锻造比为 4 的显微组织

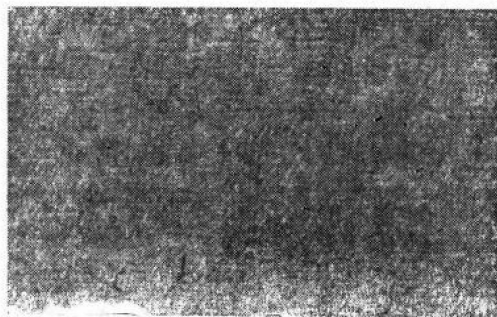


图 2 SKH9, 锻造比为 8 的显微组织



图 3 SKH9, 锻造比为 12 的显微组织

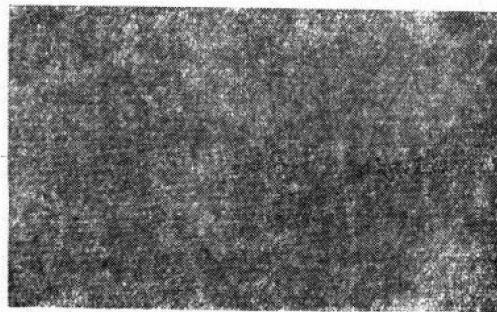


图 4 SKH9, 锻造比为 16 的显微组织

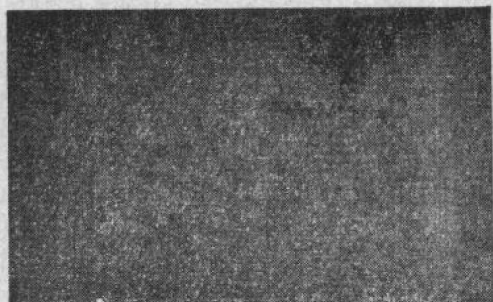


图5 SKH9, 锻造比为24的显微组织

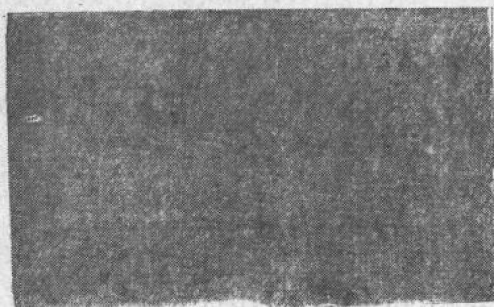
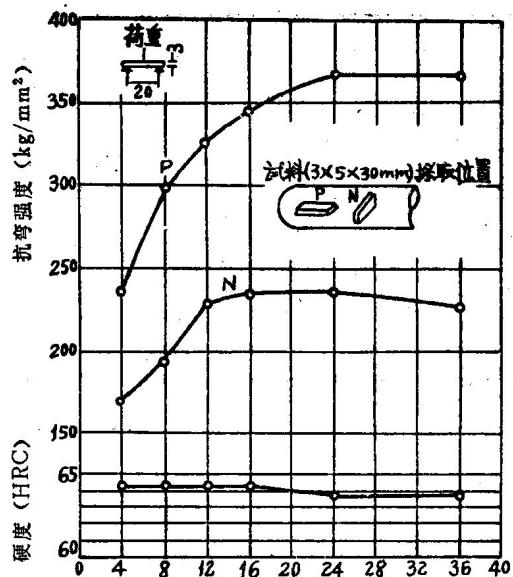


图6 SKH9, 锻造比为36的显微组织



锻造比 (0.89C, 4.34Cr, 6.14W, 5.38Mo, 1.87V)
1220°C 淬油, 560°C 回火 (1+1) 小时

图7 SKH9的锻造比与抗弯强度关系

4. 相变点与等温转变曲线

退火、淬火等热处理工序要根据钢种的相变点或等温转变曲线来灵活应用。各钢种的相变点列于表6, 图8~图17是各钢种的等温转变曲线。

化 学 成 分 [%]									
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	其 他	
0.80	0.21	0.42	0.020	0.015	—	4.19	0.49	W 19.39	V 1.07
晶粒度		8 (在奥氏体化温度)							
测定 方法	试 样 尺 寸 [mm]			加 热 温 度 (°C) × 时 间 (分)			测 定 法		
	φ5×70 10×10×5			1280×5					
处理前		退 火							

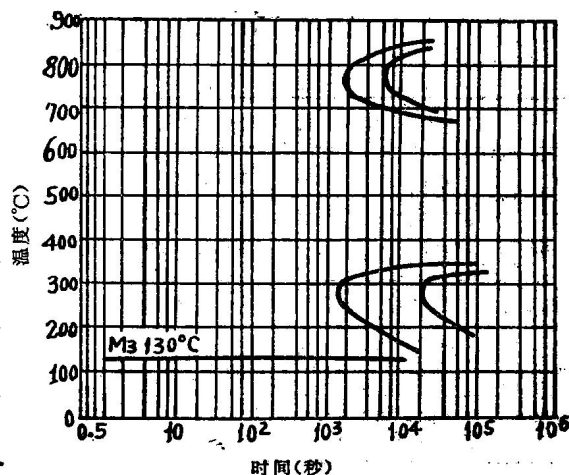


图8 SKH2 的等温转变曲线

1105530

化 学 成 分 [%]										
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	V	Co
0.68	—	0.20	—	—	—	4.69	0.53	17.40	5.50	0.21
晶 粒 度										
测定 方法	试 样 尺 寸 [mm]		加 热 温 度(°C) × 时 间(分)		测 定 法					
	10×10×25		900×30		示差热膨胀					

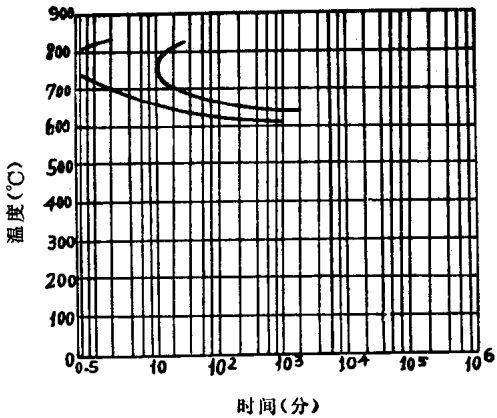


图 9 SKH 2 的等温转变曲线

化 学 成 分 [%]										
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	V	Co
0.72	0.43	0.23	—	—	—	4.04	—	18.38	1.24	4.72
晶 粒 度										
测定 方法	试 样 尺 寸 [mm]		加 热 温 度 [°C]		测 定 法					
	φ5×70 10×10×5		1286		热膨胀硬度 与显微组织					

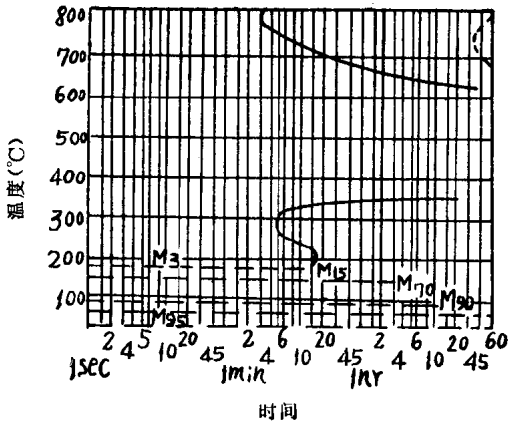


图10 SKH 3 的等温转变曲线

化 学 成 分 [%]										
C	S	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	V	Co
0.89	—	0.68	—	—	—	3.39	1.19	20.20	0.55	5.89
晶 粒 度										
测定 方法	试 样 尺 寸 [mm]		加 热 温 度[°C] × 时 间[分]		测 定 法					
	10×10×25 φ5×70		1300×2		检镜, 硬度 (HRC) 示差 热膨胀					

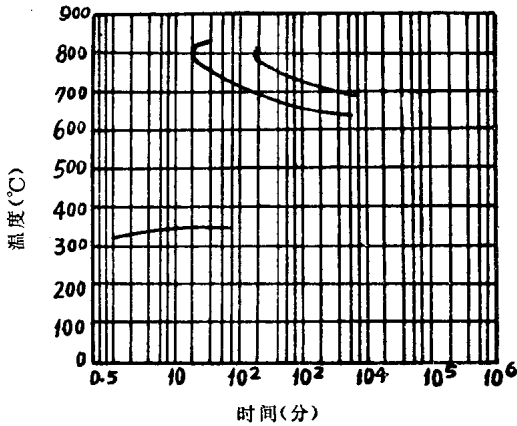
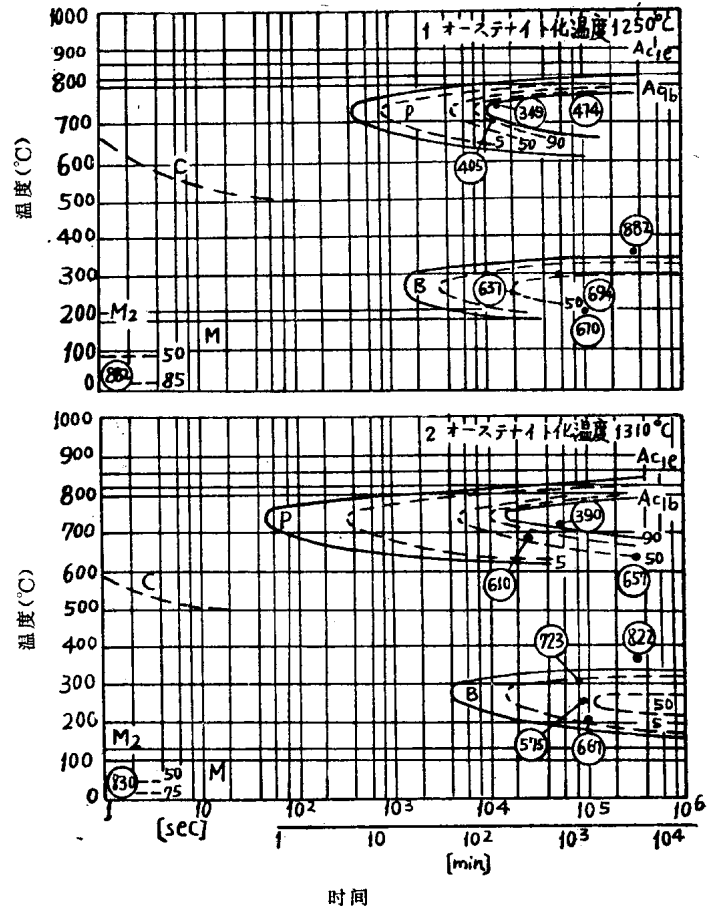


图11 SKH 3 的等温转变曲线

化 学 成 分 [%]					
C	Si	Mn	P	S	Ni
0.80	0.23	0.30	0.019	0.005	0.30
Cr	Mo	W	V	Co	
4.34	0.78	17.89	1.52	4.52	
晶粒度					
—					
测定方法	试样尺寸	奥氏体化温度	测定法		
	[mm]	°C			
	φ5×70 10×10×5	1250, 1310	热膨胀硬度 与显微组织		



注 1, 2—奥氏体化温度

图12 SKH 3 的等温转变曲线

化 学 成 分 [%]											
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	V	Co	
0.69	—	1.06	—	—	—	4.24	0.06	19.83	0.29	12.52	
晶粒 15 (结晶粒度法—用分割法)											
测定方法	试样尺寸	加热温度[°C]		测定法							
	[mm]	×时间[分]									
	10×10×25 φ5×70	1300×2		检镜, 硬度(HRC) 示差热膨胀							

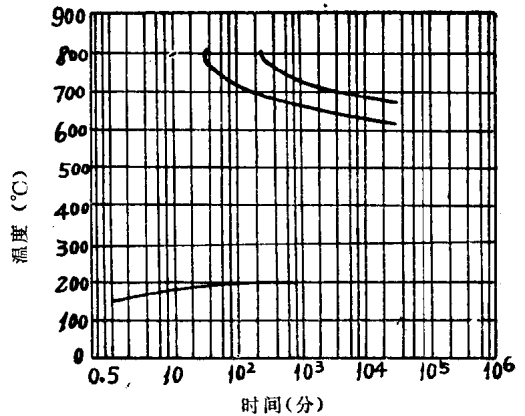


图13 SKH 4 的等温转变曲线

化 学 成 分 [%]										
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	V	Co
0.80	—	—	—	—	—	4.10	—	18.00	1.30	10.00
晶粒										
测定 方法	试样尺寸 [mm]		加热温度 [°C]		测定 法					
	φ5×70 10×10×5		1300		热膨胀, 硬度和 显微组织					

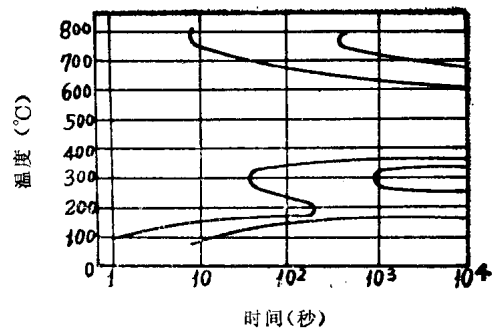
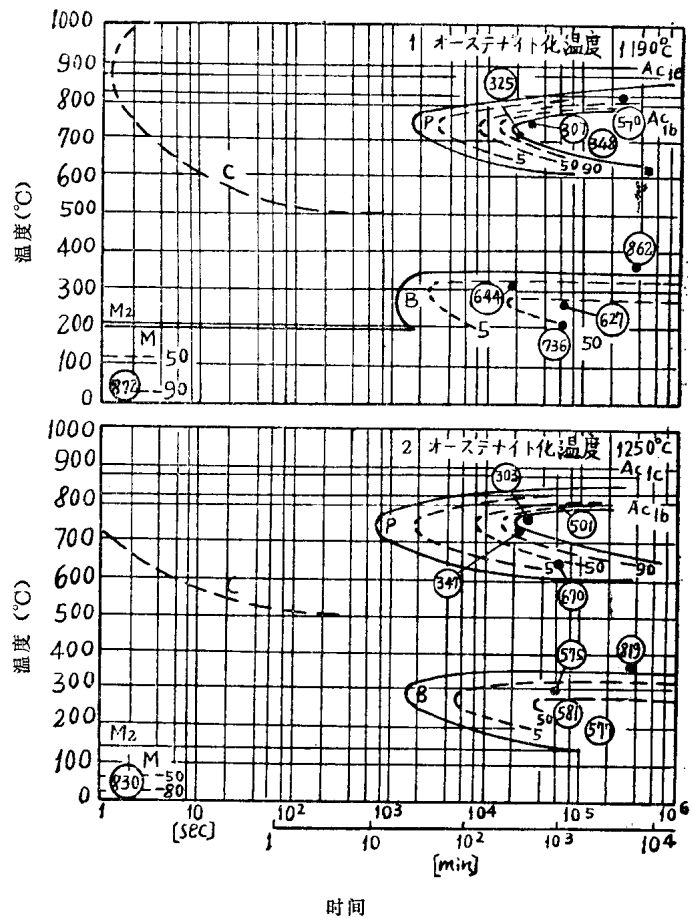


图14 SKH4A的等温转变曲线

化 学 成 分 [%]					
C	Si	Mn	P	S	Ni
0.85	0.30	0.31	0.015	0.010	0.18
Cr	Mo	W	V	Co	
4.15	4.79	6.34	2.01	—	
晶粒	—				
测定方法	试样尺寸		加热温度		测定法
	[mm]		[°C]		
	φ5×70		1190,		
	10×10×5		1250		



注 1, 2—奥氏体化温度

图15 SKH9的等温转变曲线

化 学 成 分 [%]										
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	V	Co
0.83	—	—	—	—	—	4.15	5.00	6.40	1.90	5.00
晶粒										
—										
测定方法	试样尺寸 [mm]		加热温度 [°C]		测定法					
方法	$\phi 5 \times 70$ 10×10×5		1230		热膨胀, 硬度及显微组织					

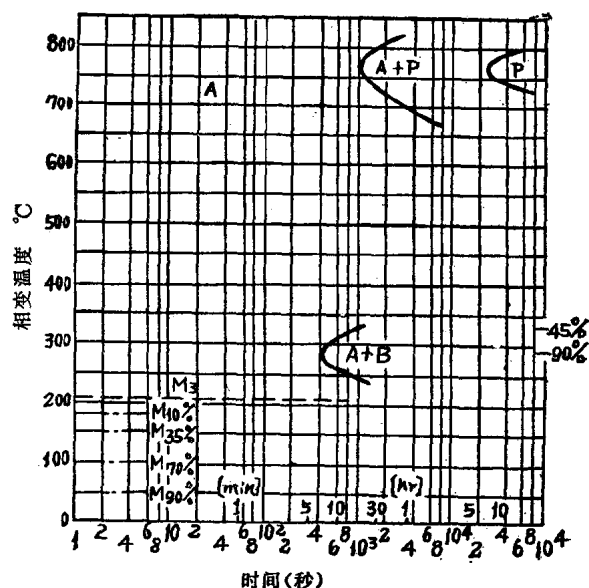


图16 SKH55的等温转变曲线

化 学 成 分 [%]										
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	V	Co
1.23	0.33	0.33	0.020	0.008	0.07	4.36	3.17	9.91	3.32	10.32
晶粒										
—										
测定方法	试样尺寸 [mm]		加热温度 [°C]		测定法					
方法	$\phi 5 \times 70$ 10×10×5		1240		热膨胀, 硬度及显微组织					

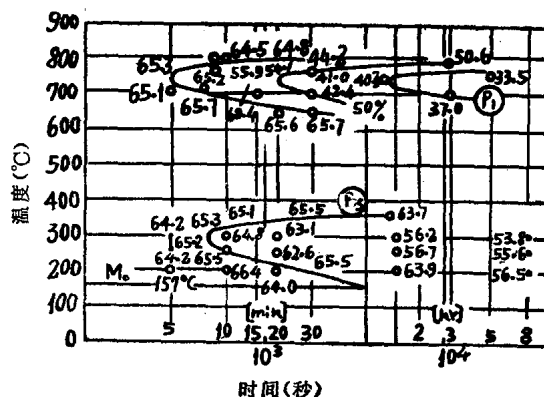


图17 SKH57的等温转变曲线

表 4 高速工具钢的相变点 (清永, 渡边)

钢 种	化 学 成 分 [%]						加热相变点 [°C] [5°C/分]
	C	Cr	W	Mo	V	Co	
SKH2	0.79	4.14	17.41	0.57	1.00	—	832~871
SKH3	0.80	3.91	18.31	0.30	0.95	4.95	842~872
SKH4A	0.81	3.88	17.63	0.38	1.28	10.30	842~883
SKH4B	0.78	4.02	18.70	0.22	1.24	15.10	852~905
SKH5	0.40	3.90	19.80	0.17	1.26	16.90	836~901
SKH10	1.46	3.80	12.02	1.18	5.30	5.23	841~873
SKH9	0.86	4.08	6.31	5.40	2.10	—	851~891
SKH52	1.01	3.97	6.64	5.22	2.65	—	833~872
SKH55	0.86	3.96	6.96	5.30	2.02	5.29	825~851
SKH56	1.00	3.98	6.67	4.86	2.65	7.59	823~852
SKH57	1.29	4.05	10.14	3.45	3.70	10.20	841~880

5. 淬火处理

高速钢工具的性能决定于淬火处理的适当与否，这样说并非过分。因为不但只是单纯的不淬裂或者淬出硬度来的问题，而且还要把正确地选择淬火温度和保温时间、防止脱碳与增碳、减少变形等问题都考虑进去。如果没有充分理解工具要求的性能同热处理条件所引起的性质上的变化关系，就不能正确地进行高速钢工具热处理。

a. 预热

高速钢工具在淬火过程中，通常要经过2次预热。一般第1次预热是 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ ，第2次预热是 $850\sim 900^{\circ}\text{C}$ 。小型工具可省去第1次预热，形状复杂的大型工具可再加第3次 $1050\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 的预热。第1次预热可用电热马弗炉，第2次和第3次预热用盐浴炉。

预热如果快速加热则使工具内外温差大，为防止热应力造成的开裂和变形，要进行热透均匀的加热，但是这并不是说要用很长的均匀加热时间。在马弗炉中进行加热的第1次预热，保温时间是厚度每25毫米30分，第2和第3次预热，在盐浴中保持时间是每毫米20秒为标准。但是，大型工具进行第3次预热的时候，要估计到钢材有较大的偏析，应取较长的时间，以期达到扩散均匀化的目的。

b. 淬火加热

虽然淬火加热可用重油炉、煤气炉、电炉或盐浴炉，但是从防止脱碳以及温度调节等方面考虑，一般都使用盐浴炉。根据工具的大小恰当选择炉膛的容量。一般工具从预热炉转入加热炉时，加热炉的温度不应降低。盐浴采用氯化钡。盐浴老化会引起氧化和脱碳，所以要用硅铁、碳化硅、石墨等进行脱氧，沉渣要经常捞出，操作完后应将盐取出，并将其中老化变色的部分去掉。

c. 淬火温度

各种钢的淬火温度列于表3，标准的淬火温度在这个温度范围的中点。由于工具种类，切削条件的不同，淬火温度可有适当的变动。例如，车刀类的工具比较注意其耐热性与耐磨性，淬火温度要靠近上限、螺纹刀具、丝锥、中心钻等容易折断，这些工具的淬火温度要选择低一些。

随着淬火温度的提高，淬火组织将发生如图18~21那样的变化。淬火温度低时碳化物溶入固溶体就少，也不能得到足够的二次硬度。但是温度太高了晶粒就变粗，晶界上的碳化物发生角状化或熔化，最终产生共晶组织莱氏体。

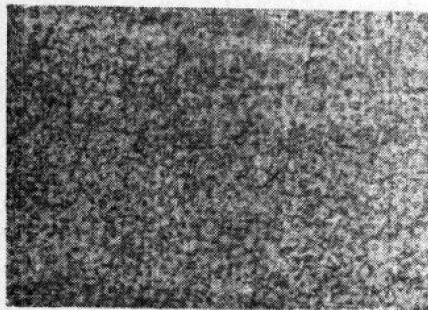


图18 SKH9, 1180°C 油淬组织

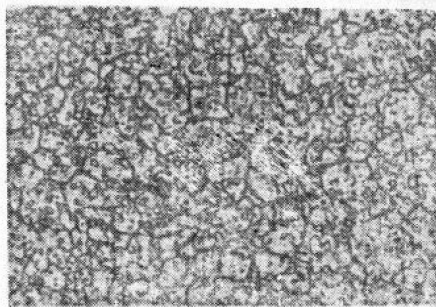


图19 SKH9, 1220°C 油淬组织

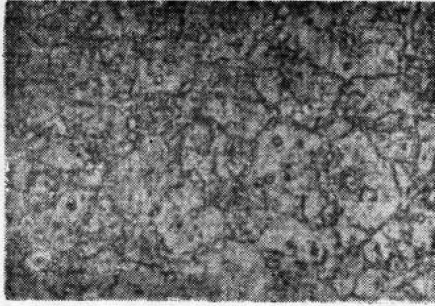


图20 SKH9, 1260°C油淬组织

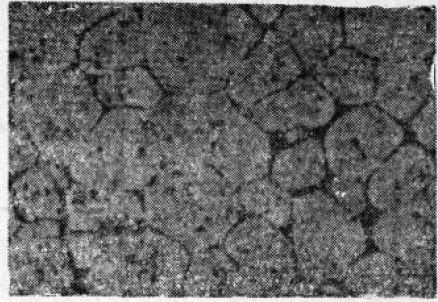


图21 SKH9, 1300°C油淬组织

SKH9 的淬火温度与残余碳化物数量、淬火硬度、残留奥氏体数量、奥氏体晶粒度、回火硬度、冲击值及连续切削时的刀具寿命的关系如图 22 和 23 所示。由此可见，淬火温度的选择对刀具的特性有极大的影响。

依据钢的化学成分考虑其淬火温度是十分必要的。因为化学成分不同钢开始熔化的温度 T_s 有所差异。碳化物的溶化、扩散及晶粒长大等一系列的现象是决定淬火温度比开始熔化

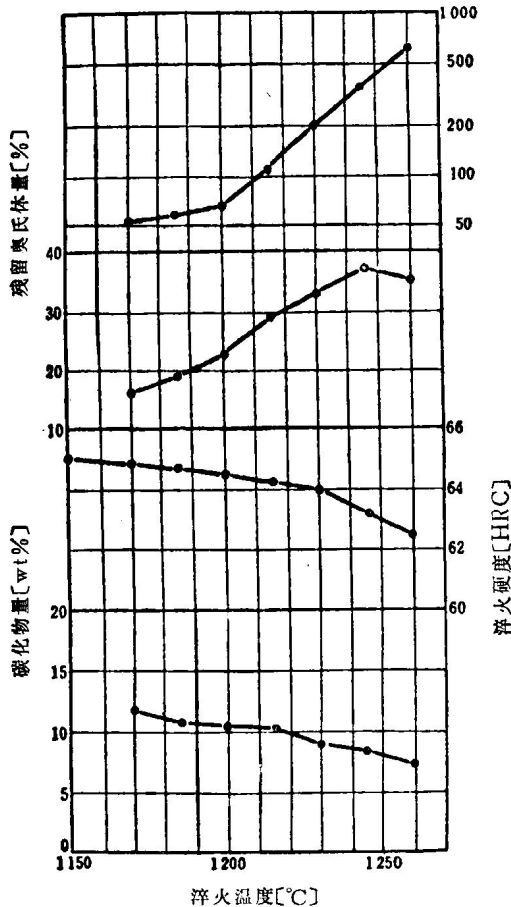


图22 淬火特性及淬火温度的影响

(0.82C, 4.42Cr, 6.66W, 5.30Mo, 2.06V)
(试样尺寸14mm, 保持4分)

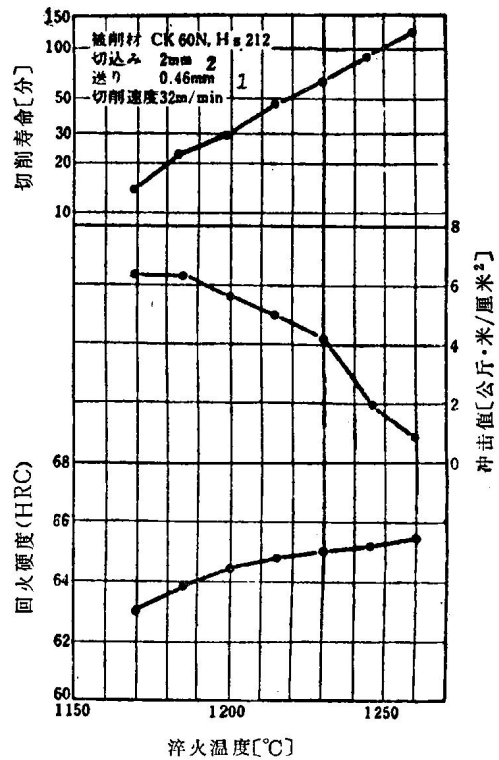


图23 回火特性及淬火温度的影响

(试样14×14mm, SKH9, 回火560°C 1小时3次)
注: 1—走刀量; 2—吃刀深度

温度低多少。化学成分引起的淬火温度的变化，可以从 T_s 的变化来推断。 T_s 可用下式求得：

$$T_s(^{\circ}F) = 2310 - 200(\%C) + 40(\%X) + 8(\%W) + 5(\%Mo) \pm 12.$$

适用的成分范围：0.7~1.30% C，3.5~4.5% Cr，0~18% W，0~9% Mo，1.0~5.0% V，0~15% C。

d. 淬火加热时间

盐浴淬火时，淬火的加热时间除了与零件的大小和形状有关以外还和预热温度、淬火温度的选择有关。一般是凭经验。主要看碳化物溶解的情况，所以同淬火温度有密切的关系。

K. Bundgardt, R. Oppenheim 指出，对于 SKH9 类的钢，如果淬火参数 P 是相同的话，就能达到同样的淬火效果，换句话说，碳化物可以适当地固溶化。即： $P = T(^{\circ}K) (37 + \log t)$ 式中， T 为淬火温度 $[^{\circ}K]$ ， t 为淬火保温时间 $[秒]$ 。

图 24 是 P 与残留碳化物数量及回火硬度的关系曲线。由此可见，淬火温度高，淬火保温时间短和淬火温度低，淬火保温时间长的情况下能获得同样的回火硬度，并能得到较高的切削寿命。

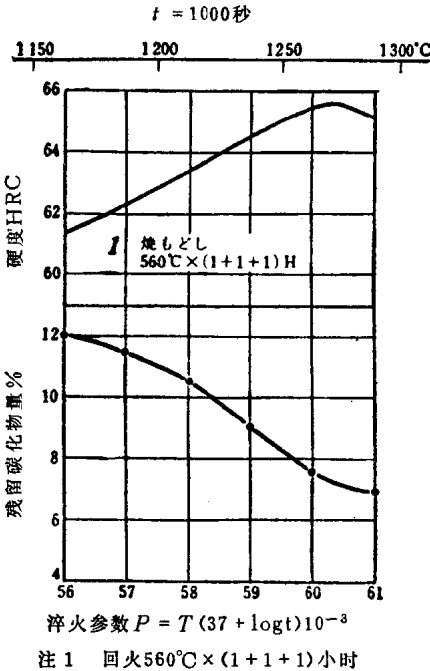


图24 SKH9的淬火参数与残留碳化物量及回火硬度的关系

如上所述，当淬火效果一定时，淬火温度与淬火保温时间的关系就确定了。实际上，淬火温度确定之后，就是选多长保温时间的问题了。一般认为 t 为 1~3 分为妥当。淬火加热时间包括升温时间和保温时间 t 。850~900 $^{\circ}C$ 预热时，标准的加热时间如表 5 所示的为宜。在这个基础上，工具的性能还可以用淬火温度进行调整。

表 5 高速钢淬火的保温时间

d 尺寸 (直径或厚度 (mm))	保 温 时 间 (秒)
8 以下	12 d
8~20	10 d
20~50	8 d
50~70	7 d
70~100	6 d
100 以上	5 d

e. 冷却方法

冷却方法有各种各样，一般采用普通淬火和等温淬火。普通 淬火 就是在 40~60 $^{\circ}C$ 的油中快冷。冷却过程中，300~100 $^{\circ}C$ 时发生 Ar'' 相变，所以希望这时进行缓冷。小件和薄件用吹风冷却较好，但是冷却过程中碳化物沿晶界析出，要注意这可能使二次硬化现象受到影响。等温淬火就是从淬火温度将工件放入 400~600 $^{\circ}C$ 的盐浴中进行冷却，待内外温度均匀时，再进行空气冷却。这种方法可使淬火裂缝和变形显著减少，所以形状复杂的铣刀和滚刀比较适用，等温淬火往往比油淬的硬度稍低一点。