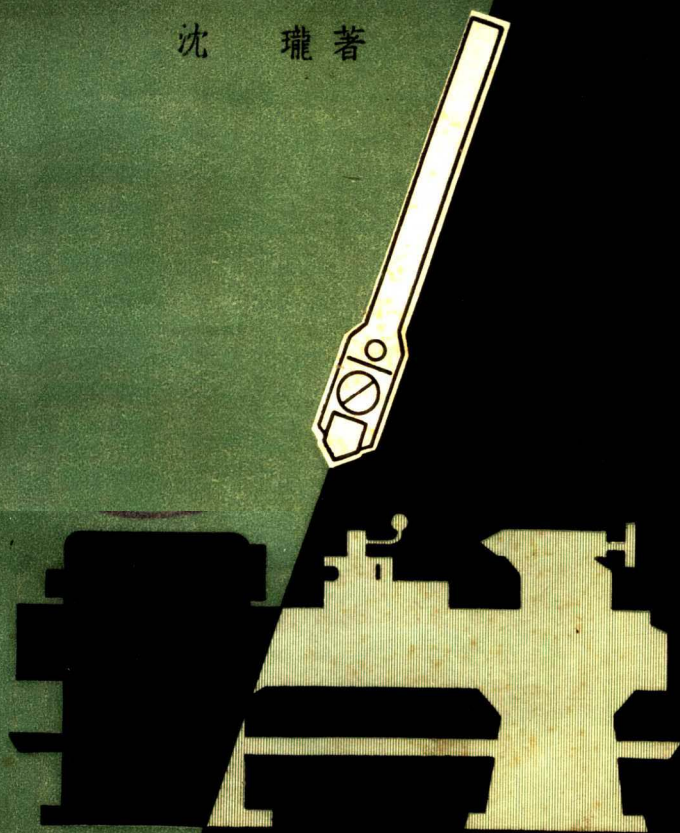


技術知識叢書

刀具材料的选择

沈 瓏 著



上海科学普及出版社

內 容 提 要

本書是為了幫助讀者對刀具材料的選擇方法和原理獲得充分了介，以便在實際生產中能適當採用切削刀具材料，從而降低加工成本，提高生產效率，改進產品質量。

本書原是上海市科學技術普及協會機械學組的講演稿，經多次應用，由作者改寫而成。曾充分參考了蘇聯和英美技術、國內先進成就，並結合了作者多年的工作經驗，可以作為實際工作中的參考。

本書適合於金屬切削工人、技術人員和機械技術學校學生的研讀和查考，也可用作短期培訓的教材，或作為專題報告的材料。

總 號：002

刀具材料的選擇

著 者： 沈 璠
繪 圖 者： 蔣 茂 柏
封面設計： 林 禽
出 版 者： 上海科學普及出版社

(上海市湖南路475號)

上海市書刊出版業營業許可證出字第083

發 行 者： 新華書店上海發行所
印 刷 者： 上海市印刷五廠

上海江寧路1110號

開本：787×1092 耗紙印張：1 1/2 字數：31,000
1957年2月第一版 印數：7,000
1957年2月第一次印刷 定價(7)2角

目 次

切削刀具材料的种类·····	2
切削刀具材料应有的性能·····	6
怎样适当选择刀具材料·····	14
(一)切削工作中要求刀具材料具有的基本性能·····	16
(二)切削工作的种类对选择刀具材料的影响·····	20
1. 工作物材料的抗拉强度对选择刀具材料的影响·····	20
2. 切削量的大小对选择刀具材料的影响·····	22
3. 切削中的剧烈情况对选择刀具材料的影响·····	26
推荐适当的刀具材料作为选择时的参考·····	28

在現代機器制造业中，機械加工的切削刀具是一個很重要的問題。它非但對提高生產效率和改進產品質量起着關鍵性的作用，而且在加工費用上佔據了很大的比重。我們要降低加工成本、提高生產效率和改進產品質量，在刀具上就必須注意三個問題：（1）選擇適當的切削刀具材料，（2）使用正確的刀具幾何形狀，（3）運用正確的刀具磨削方法。

目前國內各工廠所使用的刀具材料還非常複雜，因此還很難找出正確的应用規律；這裡準備介紹刀具材料的選擇方法。

各種刀具材料都有不同的性能，假定我們能夠充分了解它們的性能，那末，在任何切削條件下，就很容易確定和採用最適合的刀具材料了。

切削刀具材料的種類

切削刀具材料的種類很多。但用於實際生產上的不外乎下列七種：即（1）炭素工具鋼，（2）合金鋼，（3）高速鋼，（4）生鋼刀，（5）硬質合金，（6）陶瓷刀，（7）金鋼石。在上述七種刀具材料中，高速鋼、生鋼刀和硬質合金的应用範圍，約佔全部機器制造业中的95%，其他炭素工具鋼、合金鋼、陶瓷刀和金鋼石只佔5%。

炭素工具鋼是含炭0.75—1.5%的鋼，它的最大缺點是不能

耐热，在攝氏 250° — 350° 的溫度下就會變軟，不能再進行切削工作。它的切削速度只可以在每分鐘10公尺以下，如果提高速度，工作溫度就隨着提高，刀具就變軟，不能用了。所以在目前很少採用炭素工具鋼作為刀具的材料。

合金鋼是把鎢、鉻、錳等合金元素加到炭素工具鋼里，使它軟化的溫度提高到攝氏 350° — 400° ，切削速度可以提高到每分鐘十幾公尺，但是這個切削速度究竟還是太低。因此，它的应用範圍也不廣。

高速鋼可以分成普通高速鋼和含鈷高速鋼兩類。

普通高速鋼里所含的鎢、鉻、鉬等合金元素都很高，鎢的含量達到8.5—19%，而鉻為3.8—4.5%；鉬的含量假定增加到4.5—8.5%，那時鎢的含量可降低到5.5—6.5%。這種普通高速鋼在攝氏 500° 的高溫下不致變軟，所以切削速度可以比用炭素工具鋼的時候提高3—4倍。

含鈷高速鋼比普通高速鋼多了鈷的合金元素，這種高速鋼又叫高級高速鋼，它能在攝氏 550° — 600° 的高溫下不變軟，比普通高速鋼提高了攝氏 100° 左右，因此它的切削速度也能比普通高速鋼高。

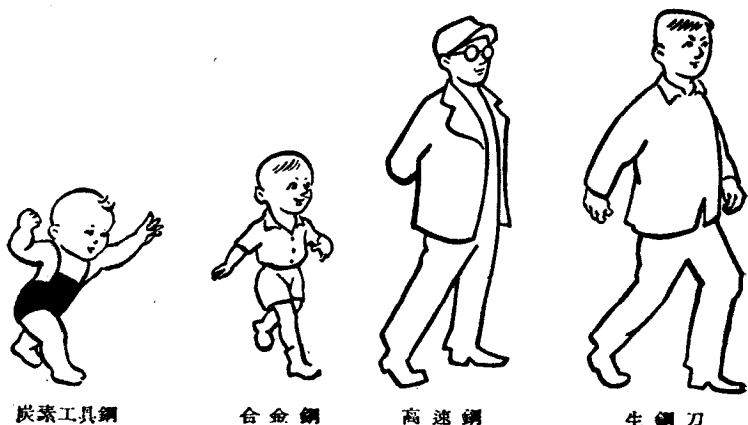
生鋼刀又叫澆鑄合金，里面鐵的成分很少。它的成分大致為鎢17%、鉻33%、鈷44%、鐵3%、其他金屬3%。這種合金，只要把這些合金元素熔解後澆鑄在模子里就可以得到。這種材料的結晶不會因高溫而退火或軟化，即使在熔解後再凝結，還是有原來一樣的硬度；它是不需要經過熱處理手續的。它的切削速度可比上述兩種高速鋼高。

硬質合金材料可以分為兩類：一種是鎢鈷硬質合金，另一

种是鈦鎢硬質合金。鎢鈦硬質合金的主要成分，是炭化鎢和鈦，加进鈦这一元素仅仅是为了膠合作用。鈦鎢硬質合金的主要成分是炭化鎢和炭化鈦，也是用鈦来膠合的。炭化鈦除了有和炭化鎢一样在高温下不軟化的特性外，它还有一种宝贵的性質，就是在用作切削刀具的时候，使刀头和切屑之間的摩擦力很小。在切削鋼料时，刀具的“前面”和切屑，有很大的摩擦运动；因此，在一般情况下，鈦鎢硬質合金是用来做切削鋼料的刀具；在切削其他材料的时候，就用鎢鈦硬質合金。这两种硬質合金刀具的切削速度，可以比普通高速鋼提高2—10倍。鎢鈦类和鈦鎢类的牌号，分別用BK和TK来表示，B代表鎢，T代表鈦，K代表鈦。

陶瓷刀是由矾土(Al_2O_3)制成的。因为矾土价值低，制造費用又不貴，所以陶瓷刀的价格最低。苏联的陶瓷材料具

圖1. 各种刀具材



有很高的硬度(洛氏硬度計在“A 尺”量出的讀数为 91° — 93°)。它在攝氏 1200° 时还能够进行切削，因而切削速度可达每分鐘 3500 公尺。但是因为陶瓷材料的坚韧性非常差，容易碎裂；吃刀深度和走刀量都只能用很小的，又不能加工粗糙的工作物，不能进行断續切削。究竟要用怎样的几何形狀和怎样改进它的材料才能增加它的坚韧性，目前还在研究中。但是必須指出，这种刀具材料是有它的发展前途的。

金鋼石有人造的和天然的兩種。不論是人造的和天然的，价值都非常昂貴，而且它很脆，比陶瓷材料更加容易碎裂。所以它虽然能在很高很高的温度下进行切削，用度却是不广的，而且在发展上也受到限止的。

切削刀具材料应有的性能

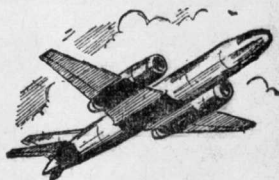
料的切削速度



硬質合金



陶瓷刀



金鋼石

切削刀具材料，必須具有下面三種基本性能，否則就無法在機械加工過程中將工作物材料切削下來。這三種基本性能就是：（一）冷硬性、（二）紅硬性、（三）堅韌性。

（一）冷硬性 “冷硬”是刀具材料在室溫或常溫時具有的硬度，這硬度是在室溫時用硬度試驗計量出來的。硬度試驗計的種類很多，有洛氏硬度計、布氏硬度計和蘇氏硬度計，我們經常用的一種是洛氏硬度計。我們說刀具材料具有很好的冷硬性，就是說明它具有很好的耐磨性能。但是很不幸的是，冷硬性好的刀具材料，它的堅韌性（包括耐撞性能）就很差。

高速鋼和硬質合金刀具由於加工要求，希望它增加耐磨或者堅韌，因此，這兩種刀具，根據它們的性能，又可分為硬、中、軟三類。所謂“軟”，在這裡是對刀具的冷硬性比較來說的，它還是具有足夠的切削硬度，它的堅韌性就比較“中”、“硬”的刀具優越，所以這種比較“軟”應同時理解為比較“堅韌”的意思。高速鋼和硬質合金刀具的硬、中、軟三類，是用洛氏硬度計量出度數來分級的，表1是分級的情況。

表1. 硬、中、軟高速鋼和硬質合金刀具的硬度表

硬 度 分 級	高 速 鋼	硬 質 合 金				
	洛 氏 硬 度 R _c	鈨鈷硬質合金		鈦鈨硬質合金		含 鈷 量 %
		洛氏硬度R _A	牌號舉例	洛氏硬度R _A	牌號舉例	
硬	66以上	90以上	BK ₃	91.5以上	T ₃₀ K ₄	2—4
中	63—66	88—90	BK ₆	89.5—91.5	T ₁₅ K ₆	6—8
軟	60—63	86—88	BK ₈	86—89.5	T ₅ K ₁₀	8—13

因为硬質合金的硬度高，用洛氏硬度計測量时，必須用“A尺”才能量出，因此和高速鋼的硬度讀数不是在同一个基础上量出的。（註：洛氏硬度計“A尺”經常用 R_A 表示，“C尺”用 R_c 表示）

从表1中可以看出，在硬質合金中，膠合剂“鈷”的成分愈高，刀具的坚韧性愈好，而冷硬性愈差。

在上述各种刀具材料中，冷硬性最好的是金鋼石，最差的是生鋼刀和合金鋼。含鈷高速鋼和普通高速鋼的冷硬性是相同的，但紅硬性就不同了；因此在談刀具性能的时候，要把它們分开来談。表2說明各种刀具材料冷硬性的优越次序。

表2. 各种刀具材料冷硬性的优越次序

优越次序	刀具材料名称	洛氏硬度範圍 (R_A —A尺量, R_c —C尺量)
1	金鋼石	因硬度太高无法量出
2	陶瓷刀	91—93 R_A
3	硬質合金“硬”	鈷鈷类90 R_A 以上, 鈷鈷类91.5 R_A 以上
4	“中”	鈷鈷类88—90 R_A , 鈷鈷类89.5—91.5 R_A
5	“軟”	鈷鈷类86—88 R_A , 鈷鈷类86—89.5 R_A
6	高速鋼“硬”	66 R_c 以上
7	“中”	63—66 R_c
8	“軟”	60—63 R_c
9	炭素工具鋼	63—66 R_c
10	合金鋼	60—65 R_c
11	生鋼刀	60—63 R_c

(二) 紅硬性 刀具材料在切削中发生高温的情况下，还能保持切削所需的硬度，这种性能叫做紅硬性。“紅硬性”是从高速鋼被用作切削刀具材料以后才定出来的名字，那时发现切削刀在切削的时候发出暗紅的颜色，但尚未消失它的切削作用，因而定名为紅硬性；又叫赤热硬性。

各种刀具材料，在不同高温下，硬度变化很多。当温度升高的时候，刀具的硬度就陸續降低，低于洛氏硬度50度Rc时，它就失去了切削的能力，在这种情况下，刀具就无法繼續使用。在切削同样材料的工作物的过程中，刀具温度升高的主要因素是切削速度和走刀量；我們要提高生产效率，就应该使刀具硬度不低于洛氏硬度50度Rc的条件下，最大限度地增加切削速度和走刀量。为了充分发挥刀具的潜在能力，应该尽可能利用刀具在洛氏硬度50—55度Rc（一般考虑55度Rc）之間的紅硬性来进行切削；因为刀具在这样的硬度下还具有足够的切削能力。因此，在选择刀具材料的时候，还必须掌握它的紅硬性。

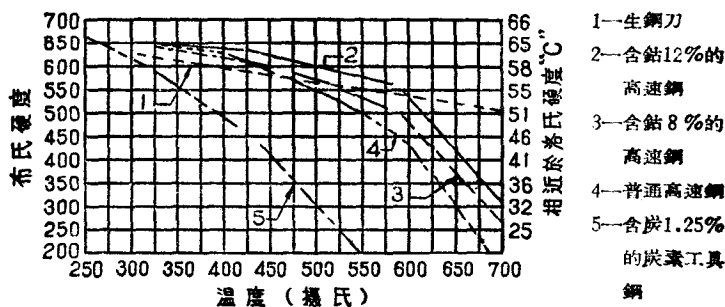


圖2. 炭素工具鋼、高速鋼及生鋼刀的温度和硬度的关系曲線

图2的曲线是普通高速钢、含钴高速钢、生钢刀和炭素工具钢的硬度与温度的关系曲线。其中生钢刀的曲线，差不多是一条很平的直线，在温度升高的时候，它的硬度降低得很少。因此，生钢刀的冷硬性虽然差，但是因为具有这种优越的紅硬性，它还是一种很好的切削刀具材料。表3说明各种刀具材料的紅硬性和它的优越次序。

表3. 各种刀具材料的紅硬性和它们的优越次序

优越次序	刀具材料的种类	紅硬性情况(洛氏硬度Rc的約数)				在下列温度(°C)時能保持洛氏硬度55度 Rc
		溫度 500° C	溫度 550° C	溫度 600° C	溫度 650° C	
1	金鋼石	硬度太高无法量出				
2	陶瓷刀	尚无充分資料				1200° C
3	硬質合金	75	74	72	70	1040° C
4	生鋼刀	56	55	54	53	595° C
5	含钴12%的高速鋼	59	57	54	44	595° C
6	含钴8%的高速鋼	56	53	50	40	530° C
7	普通高速鋼	55	51	45	32	510° C
8	合金鋼	39	27			400° C
9	炭素工具鋼	33	21			350° C

从上表所列各种刀具材料的红硬性来看，硬质合金在摄氏1040°的高温下，还能很好的进行切削。这就是说硬质合金有

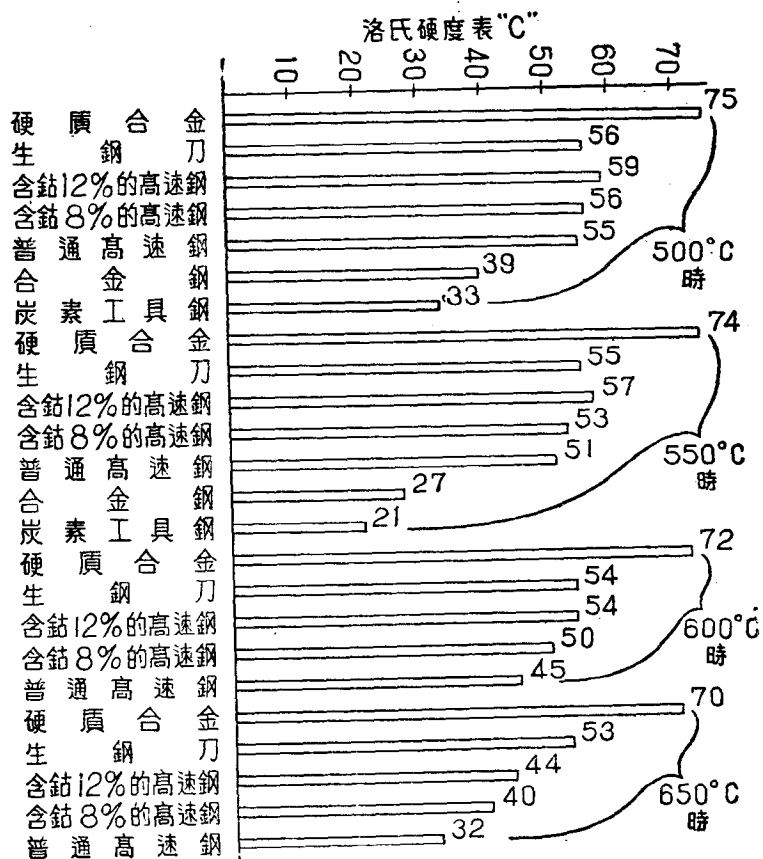


圖3. 各种刀具材料的紅硬性

很好的紅硬性，所以它的切削速度，可以比高速鋼提高3—4倍以上。炭素工具鋼的紅硬性最差，只能用于低速切削。这里必

炭素工具鋼	350°C
合金鋼	400°C
普通高速鋼	510°C
含鈷8%的高速鋼	530°C
含鈷12%的高速鋼	595°C
生鋼刀	595°C
硬質合金	1040°C
陶瓷刀	1200°C

圖4. 各种刀具材料失掉硬度时的温度

須附帶加以說明一句，就是超过攝氏 1040° 时，硬質合金刀具也会失去它的切削能力，主要原因是成分中作为膠合剂的鈷开始軟化了的緣故。

（三）坚韧性 刀具材料的坚韧性，是指它能承受震动和撞击力，使切削刀能承受切削时所发生的高的單位压力。切削刀的这种性能，是在切削坚韧的工作物材料和用大走刀量的时候所必须具备的。

在不均匀切削和断續切削的过程中，往往要求切削刀能承受由此而产生的撞击力。在切削有“硬粒”的工作物材料时，也往往要求切削刀有很好的坚韧性来承受非常高的压力。

刀具在切削硬度均匀的工作物材料的时候，切屑和刀具接触的一点，离开切削刀比較远，刀具承受切削力的截面面积較

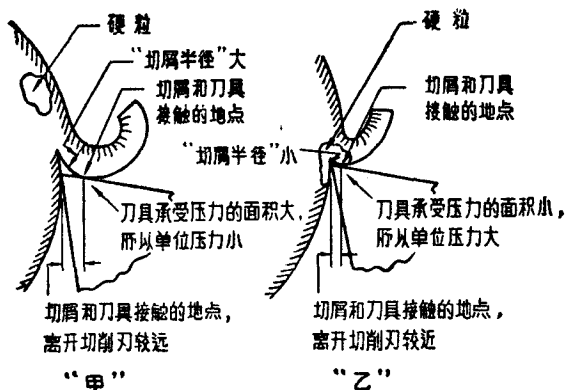


圖5. 工作物材料中有“硬粒”时的切削情况圖

大，因此产生的單位压力就比較小了（图5 甲）。刀具在切削和“甲”图同样的工作物材料而适逢“硬粒”的时候，切屑和刀具接触的一点，立刻移近切削刃；刀具承受切削力的截面面积减小，同时这“硬粒”的切削抗力也較大，因此在切削到“硬粒”的地方，單位压力就突然增高（图5 乙）。这时刀具材料就需要有很好的坚韧性来承受这突然增高的压力。

刀具材料的坚韧强度，可以用撞击試驗計来衡量。当刀具运用“鑲层法”时，就能增加刀具材料应付撞击的能力，能够增加刀具坚韧强度106%—132%，增加使用寿命2—4倍。所謂“鑲层法”，就是在刀塊下部或刀头和刀体之間鑲一层其他能承受震动的金屬（一般采用紫銅或鎳板），用銀焊焊接起来。图6 甲是刀头用“鑲层法”焊接在刀体上的情况。图6 乙的上图是切削曲軸用的鳩尾式刀塊，下图是普通刀塊，刀塊中部或

底面上都用銀焊鑲着紫銅板或鎳板。

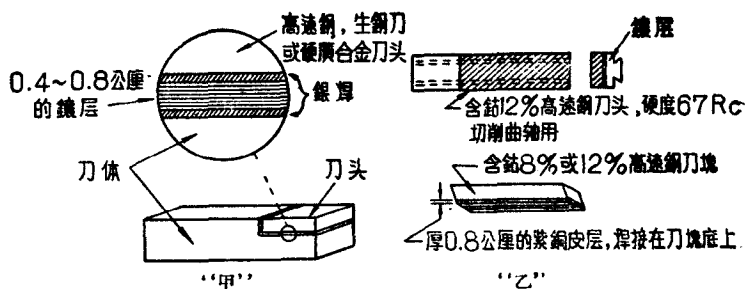


圖6. “鑲層” 刀具圖

“鑲層法”一般是在切削抗拉強度高的工作物材料和切削量大的情況下應用；刀頭要有適當厚度，使發熱的高溫不致影響鑲層處的銀焊。

金鋼石和陶瓷刀的冷硬性和紅硬性都是最好的，但是它們的堅韌性却非常差，又無法用“鑲層法”來補救；因此，這兩種刀具的使用範圍受到了限制。現在將各種刀具材料的堅韌性優越次序列於表4。

表4. 各種刀具材料的堅韌性優越次序

堅韌性優越次序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
刀具材料名稱	炭素工具鋼	合金鋼	普通高速鋼	普通高速鋼	普通高速鋼	含鈷高速鋼	含鈷高速鋼	含鈷高速鋼	生鋼	硬質合金	硬質合金	硬質合金	陶瓷	金鋼石
			“軟”	“中”	“硬”	“軟”	“中”	“硬”	刀	“軟”	“中”	“硬”	刀	石

現在將各種刀具材料的冷硬性、紅硬性和堅韌性的優越次序彙總列於表5，從這裡可以看出，沒有一種刀具材料能夠同時全部掌握三種最優越的刀具材料性能。它們的冷硬性、紅硬性和堅韌性的優越次序都不相同，在不同的切削情況下，要求刀具必須具備一項或兩項很好的性能，因此，在進行切削之前，必須適當地選擇切削刀具的材料。

表5. 各種刀具材料冷硬性、紅硬性、和堅韌性的
優越次序彙總表

優越次序	冷 硬 性	紅 硬 性	堅 韌 性
1	金 鋼 石	金 鋼 石	炭素工具鋼
2	陶 瓷 刀	陶 瓷 刀	合 金 鋼
3	硬 質 合 金	硬 質 合 金	普通高速鋼
4	含鈷高速鋼	生 鋼 刀	含鈷高速鋼
5	普通高速鋼	含鈷高速鋼	生 鋼 刀
6	炭素工具鋼	普通高速鋼	硬 質 合 金
7	合 金 鋼	合 金 鋼	陶 瓷 刀
8	生 鋼 刀	炭素工具鋼	金 鋼 石

以上刀具材料性能中，以紅硬性和堅韌性最為重要。從表5可以看出，合金鋼和炭素工具鋼的紅硬性太差，陶瓷刀和金鋼石的堅韌性太差；因此這四種材料，在現代化的機械工業中，都受到了一定的限制。

除了金鋼石、陶瓷刀、合金鋼和炭素工具鋼以外，高速鋼的堅韌性和硬質合金的紅硬性是比較最好的了。蘇聯的先進經

驗告訴我們，把硬質合金材料電鍍在高速鋼的刀頭上；需要鍍的表面只是刀尖的“前面”、“后面”和切削刀的一部分。這些部分是在切削時經常同切屑和工作物相接觸的。這種刀具既能保持高速鋼的堅韌性，又能具有硬質合金的紅硬性和冷硬性，能較高速鋼提高好幾倍壽命。但是目前還存在着一些缺點，那就是鍍上的硬質合金比較薄，厚度只在0.1公厘以下，不能再留出研磨的余量；因此刀具各面不很光潔，切削時磨擦阻力增大，刀具的溫度和動力的消耗也都隨着增高。由於刀頭的各個面上比較粗糙，當精加工時就不可能使用這種刀具，但在粗加工時還是比較成功的。我們應該繼續研究如何增加鍍層的厚度，並建議各工廠廣泛地推廣這種“強化高速鋼”，來提高生產效率，並節約刀具材料的消耗。

怎樣適當選擇刀具材料

適當選擇刀具材料，可依靠下面兩個因素：

1. 考慮在切削工作中要求刀具材料具有的最需要的基本性能。
2. 切削工作的種類——這是指工作物材料的抗拉強度、切削量和切削情況。

選擇刀具材料的時候，要根據機床可能達到的切削速度和切削工作的種類來考慮。研究它究竟要求刀具具有那一種最重要的性能和次要的性能，是冷硬性，還是紅硬性，還是堅韌性。然後根據要求的性能，再決定應該選擇的刀具材料。譬如要求的最重要性能是紅硬性，次要性能是堅韌性，那時我們就應該選擇有很好的紅硬性和不太差的堅韌性的硬質合金“中”