

株洲硬质合金厂 著

钢结硬质合金

GANGJIE YINGZHI HEJIN

冶金工业出版社

内 容 简 介

这是一本关于钢结硬质合金生产与使用的专著。本书根据国内外钢结硬质合金生产与使用的经验,系统地介绍了钢结硬质合金的生产工艺,论述了钢结硬质合金的成分、组织与性能,详细地叙述了它的加工技术(热处理、热加工、机械加工、电加工以及组合连接),着重介绍了钢结硬质合金在工模具、耐磨零件与特殊构件、量卡具、刀具、地质矿山工具与冲击工具等方面的使用技术与应用实例。同时,对钢结硬质合金表面涂覆这一新的应用技术也做了动态性的介绍。

本书可供从事钢结硬质合金生产与研究的有关人员,以及从事钢结硬质合金产品设计、加工制造和使用的有关人员参考。

钢结硬质合金

株洲硬质合金厂 著

责任编辑 任崇信

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 9 1/2 字数 249 千字

1982年8月第一版 1982年8月第一次印刷

印数00,001~6,100册

统一书号: 15062·3838 定价1.20元

前 言

随着科学技术的不断发展，材料的研究也日益广泛而深入地发展。目前，它已成为一门新兴的综合性学科——材料科学。在名目繁多的材料阵容中，于二十世纪五十年代末六十年代初期又出现了一种新型工程材料——钢结硬质合金。

钢结硬质合金首先以一种新型的工模具材料崭露头角，继而以其独特的性能在工程技术中，甚至像无线电电子工业、计算机、原子能、火箭、航海、航空、航天等技术中，作为耐磨零件和机器构件得到新的应用。因此，它已被认为是一种新型的工程材料。

钢结硬质合金最早（按投入市场）起源于美国。由于其非凡的特性，使之转而流传到欧洲各国。六十年代中期，钢结硬质合金在我国也研制成功，随即得到迅速发展。

我厂是国内研制与生产碳化钛钢结硬质合金最早的厂家。碳化钛钢结硬质合金在国内应用较早，使用范围比较广泛。为了更好地推广这种新材料，在七十年代中期，我们就有编写一本关于钢结硬质合金读物的想法了。

鉴于钢结硬质合金在我国十多年来的飞跃发展，同时，为了使这种新型的工程材料在我国四个现代化进程中发挥应有的作用，近年来我们对钢结硬质合金的生产与使用进行了全面而系统的总结，撰写成此书。

书中总结了我厂从事钢结硬质合金科研与生产的多年实践经验和其它从事钢结硬质合金（包括碳化钨钢结硬质合金）科研及生产单位的经验以及广大钢结硬质合金用户的使用经验，同时也介绍了国外若干先进经验。全书重点放在钢结硬质合金的生产，特别是钢结硬质合金使用技术及其应用上。为了使读者更好地了

解这一新型材料，书中专辟一章，从金属学与粉末冶金学学科角度出发，结合生产实际，对钢结硬质合金的成分、组织与性能加以详细论述。

著述此书的目的在于向读者介绍这种卓有成效的新材料，使其在更多的部门中得以应用，使更新的使用技术得以开发，使更广泛的应用领域得以开拓以及随之而来的更符合要求的钢结硬质合金品种得以创新。一句话，著述此书的目的在于更好地促进我国钢结硬质合金事业的发展。

就作者所知，虽然世界上有关钢结硬质合金的文章、综述、小册子等为数甚多，钢结硬质合金专利文献亦层出不穷，但至今尚未见到系统而全面论述钢结硬质合金的专著。本书作为一本钢结硬质合金生产与使用的专著，以雏形问世，正像钢结硬质合金材料本身要发展一样，也须日后不断臻于完善。由于所收集到的国内外资料及作者水平所限，书中难免存在一些错误或欠妥之处，请读者不吝指教。

本书由萧玉麟主编，参加著述的有萧玉麟（一、三、四、五、六、七、八、九、十章）、周国成（三章）、陈兆盈（九章）、黄成通（九、十章）、陈福初（二、六章）、李沐山（二、三章）。全书由李沐山修改、整理。书中绝大部分的图例由张作栋绘制。多数照片（包括显微组织与实物照片）由邓心晶摄制。

最后，对为本书提供有关经验与资料（包括一些照片）的同行们表示至诚的谢意。

作 者

一九八〇年四月十四日

目 录

前言

第一章 概论	1
第一节 新型工程材料——钢结硬质合金.....	1
第二节 钢结硬质合金的发展概况.....	4
第二章 钢结硬质合金原料的制取	8
第一节 碳化钛的制取.....	8
第二节 碳化钨的制取.....	17
第三节 铁粉的制取.....	21
第四节 中间合金粉末的制取.....	26
第三章 钢结硬质合金的生产	27
第一节 概述.....	27
第二节 混合料的制备.....	28
第三节 模压成形.....	42
第四节 脱蜡（胶）.....	53
第五节 烧结.....	60
第六节 钢结硬质合金的生产方法.....	80
第四章 钢结硬质合金的成分、组织与性能	83
第一节 概述.....	83
第二节 合金组元及其作用.....	84
第三节 合金工具钢钢结硬质合金.....	93
第四节 不锈钢钢结硬质合金.....	115
第五节 高速钢钢结硬质合金.....	124
第六节 高锰钢钢结硬质合金.....	136
第五章 钢结硬质合金的热处理	145
第一节 概述.....	145

第二节	淬火硬化型钢结硬质合金的热处理·····	146
第三节	时效硬化型钢结硬质合金的热处理·····	160
第四节	钢结硬质合金的表面硬化热处理·····	162
第六章	钢结硬质合金毛坯锻造·····	176
第一节	概述·····	176
第二节	合金材质对锻造过程的影响·····	177
第三节	锻造工艺与实践·····	179
第四节	锻造后的组织与性能·····	187
第五节	锻造缺陷·····	190
第七章	钢结硬质合金的加工·····	192
第一节	机械加工·····	192
第二节	电加工·····	202
第三节	其它加工·····	209
第八章	钢结硬质合金的组合连接·····	211
第一节	机械连接·····	211
第二节	焊接·····	213
第三节	粘结·····	217
第四节	镶铸·····	219
第九章	钢结硬质合金的应用·····	221
第一节	概述·····	221
第二节	钢结硬质合金工模具·····	222
第三节	钢结硬质合金耐磨、机器零件·····	257
第四节	钢结硬质合金量卡具·····	267
第五节	钢结硬质合金刀具·····	268
第六节	钢结硬质合金地质矿山工具及冲击工具·····	270
第十章	钢结硬质合金表面涂覆·····	274
第一节	概述·····	274
第二节	钢结硬质合金粉末管装焊条的堆焊·····	274
第三节	钢结硬质合金实体焊条的堆焊·····	276
第四节	钢结硬质合金粉末等离子喷焊·····	279

第五节	钢结硬质合金粉末等离子喷涂·····	282
附录一	美国钢结硬质合金牌号、成分与性能特点·····	285
附录二	西德钢结硬质合金牌号、成分与性能特点·····	290
附录三	荷兰钢结硬质合金牌号、成分与性能特点·····	292
附录四	波兰钢结硬质合金的成分与性能·····	295

第一章 概 论

第一节 新型工程材料

——钢结硬质合金

普通硬质合金通常是以难熔金属碳化物为硬质相、以钴为粘结相用粉末冶金方法生产的组合材料。钢结硬质合金（以下简称钢结合金），顾名思义，就是以钢为粘结相、以难熔金属碳化物（主要是碳化钛、碳化钨）作硬质相的组合材料。它也是用粉末冶金方法制备的，其组织特点是微细的硬质相晶粒均匀弥散地分布于钢基体中。

钢结合金的硬质相主要赋予材料以高硬度和高耐磨性。这些特性是钢结合金区别于工具钢的重要标志。碳化钛具有高硬度、抗氧化、耐腐蚀、比重小、热稳定性好等优异的物理化学性能，并且在烧结过程中晶粒长大倾向性小，一般晶粒呈圆形，从而为合金提供优良的使用性能，是一种比较理想的硬质相材料。同时，由于世界上钛的资源丰富、较易提取、价格比钨低廉，因此，碳化钛在钢结合金生产中，获得普遍的应用。碳化钨亦可作为钢结合金的硬质相，也能为合金提供较高的耐磨性。但由于碳化钨在烧结时晶粒易于长大，且晶粒呈棱角形，对合金的某些组织与性能不利。同时，国外钨资源比较缺乏，因此，国外很少采用碳化钨作钢结合金的硬质相。至于其它碳化物，应用更少。

钢结合金的粘结相可赋予材料以一系列独特的性能，这些特性是钢结合金区别于普通硬质合金的重要标志。

作为钢结合金粘结相的钢基体，按其钢种可分为碳素钢、合金工具钢、高速钢、不锈钢、高锰钢等等；按其性能可分为高强度、抗冲击、抗回火、抗氧化、耐高温、耐腐蚀、抗热震、有磁性、非磁性等等；按其组织可分为马氏体（包括淬火马氏体、软马氏

体)、铁素体、奥氏体以及混合型体态(表面马氏体内芯奥氏体或半铁素体半马氏体)等等。

随着钢结硬质合金的发展,近期又出现了以特殊合金或高温合金粘结的钢结合金。但无论是钢基体,还是合金基体,一般都被设计成为具有热处理效应,即使所制取的钢结合金具有可淬火硬化或可时效硬化的性质。因此,可以把钢结合金看成是粉末冶金工艺学与金属热处理工艺学相结合而得到的一种边缘材料。

钢结合金钢基体粘结相与硬质相的配比范围相当广泛。钢(或合金)基体含量,原则上可在20~80%(重量)范围内变化。但实践表明,钢结合金基体含量低于40%(重量)时,会使其完全丧失可加工性能,此时,与普通硬质合金的加工性能相似。反之,基体含量过高,则会影响整个合金的耐磨性,导致使用性能下降。国内外钢结合金的生产实践表明,基体含量大多在50~75%(重量)范围内变化,这既有利于合金的可加工性,又不会降低其应具有耐磨性,得到良好的综合性能。

钢结合金的优异性能与特点如下:

1. 广泛的工艺特性

钢结合金首要的工艺特性,是可加工性和可热处理性,因此,也有人把钢结合金称为可加工、可热处理的硬质合金。

所谓可加工性是指采用普通加工设备和工具能顺利地进行车、铣、刨、钻、磨削等各种机械加工。钢结合金的可加工性,除了主要取决于合金基体的含量外,也取决于基体的性质与状态。至于钢结合金的可热处理性,则主要取决于基体的性质。基体有什么样的热处理效应,就会使钢结合金产生什么样的热处理效应。同时,由于钢结合金含有相当高的碳化物硬质相(在可加工范围内,通常有50%体积的碳化钛或35%体积的碳化钨),故在热处理过程中,材料的变形甚微。这是钢结合金获得广泛应用的一个因素。

钢结合金的另一个重要工艺特性是其可锻性。锻造钢结合金时不仅能使其产生变形,而且会改善材料的组织,从而有助于提

高其使用性能。钢结合合金的可锻性，同样取决于基体的含量与性质。以低合金钢作基体的钢结合合金当含低合金钢量较高时，具有相当可观的热加工变形性能。

可焊接性是钢结合合金的又一个重要工艺特性。钢结合合金不仅可以采用对焊、镶焊、电弧焊、真空扩散焊、堆焊等各种焊接方法与钢材进行焊接，而且合金本身也可彼此进行焊接，这就为钢结合合金的扩大应用开辟了更加广阔的前景。

2. 良好的物理机械性能

钢结合合金本身最重要的性能是在硬化态下具有很高的硬度，其耐磨性与高钴含量的硬质合金相当，甚至更高。这一方面是由于它含有35~50%(体积)碳化钛，同时也是由于呈圆形的碳化钛晶粒在工作时与摩擦表面形成非金属性的接触，使之具有极低的摩擦系数，从而可消除冷焊现象，避免粘附磨损和擦伤磨损之故。

钢结合合金与钢相比具有较高的刚性、弹性模量、抗弯强度和抗压强度，与硬质合金相比具有较高的韧性（可变形性），从而体现出钢结合合金的良好综合性能。

此外，钢结合合金还具有较低的比重、较高的比强度（碳化钛系钢结合合金尤为显著）、良好的自润滑性、高的阻尼特性与固有频率（从而具有优异的消震效果）、与钢相近的热膨胀系数以及没有钴的半衰期问题等一系列有益的物理性能。所有这些特性对其应用均至关重要。

3. 优异的化学稳定性

钢结合合金具有优异的化学稳定性，能耐高温、抗氧化、抗各种介质（如大气、燃气、淡水、海水、油、酸、碱、盐及某些液态金属）的腐蚀。钢结合合金的抗腐蚀性取决于基体类型，故可根据不同的需要，选择适当的钢或合金作粘结相，使其具有相应的抗腐蚀性。

从上述可以看出钢结合合金综合了钢与硬质合金各自的特点，构成了自己独特的性能，成为一种介于钢和硬质合金之间的工程材料，从而填补了它们之间的空白。

由于钢结合金具有这种优异的综合性能,使得它在①模具材料、耐磨零件、耐高温和耐腐蚀构件材料等方面愈来愈占据重要的地位,应用领域亦愈来愈扩大。

钢结合金首先成功地应用于制造各种工模具。与工具钢相比,它可使模具寿命数以十倍地大幅度提高,经济效果也极为显著。

钢结合金高的弹性模量和刚性以及优异的阻尼特性,能消除工具本身乃至机器所引起的振动,从而使它广泛地应用于制作刚性的抗震颤的工具和零件。采用钢结合金制作的研磨套筒轴、柄轴和超级镗杆工具,可实现无震颤或少震颤的内孔加工、无尺寸偏差或无锥度的精密加工。它已成功地用来制作重型设备(如重型推土机)的抗震零件以及加工大型飞机起落架等。

高速钢或抗回火高铬工具钢钢结合金在制作整体刀具,如麻花钻头、端面铣刀、齿轮滚刀、铰刀、丝锥等方面取得了良好的效果,从而填补了硬质合金在整体刀具方面的空白。

由于钢结合金具有高耐磨性和低摩擦系数,故在量卡具等测量仪器方面得到日益广泛的应用。

钢结合金的高耐磨性与低比重、低摩擦系数、高抗腐蚀性和良好的自润滑性的配合,使它日益广泛地用来制作要求耐磨、耐高温、耐腐蚀等综合性能的机器零件与构件,如转子发动机密封系统中的刮片和缸体涂层,机械密封组件中的密封环,航海、航空、航天工业中应用的制导系统的陀螺马达气体轴承及其它构件等等。

此外,钢结合金由于不含钴,没有钴的半衰期问题,因此,还可用来制作在放射性环境中工作的耐磨元件,如原子能工业中所需的某些构件。

总之,钢结合金已成为工程技术中一种不可缺少的新型工程材料。

第二节 钢结硬质合金的发展概况

钢结合金最早出现在美国。1955年C.G.格策尔等(C.G.Go-

etzel and L.P.Skolnick) 发表了用高速钢浸渍碳化钛骨架的方法来制取可加工、可热处理的硬质材料的资料^[1]。几乎在同一时期, 美国铬合金公司烧结铸造分公司先后在英国和美国申请了内容相同的专利^[2], 提出用浸渍和液相烧结的方法制取钢结合金, 而且随后便进行了工业生产, 并以“Ferro-TiC C”为商标供应于市场。以后, 该公司为了满足日益增长的需要, 进行了一系列的研制工作, 使钢结合金产量逐年提高, 品种牌号不断增加, 用途日益扩大: 1962年开始成吨生产, 至1967年, 产量以35%的年综合增长率增长^[3], 1974年, 铬合金公司钢结合金的年产量达50吨之多^[4]; 其用途很快就由工模具方面扩大到高温、腐蚀、高应力等苛刻条件下工作的耐磨零件、机器零件方面。

美国十分重视钢结合金使用的推广工作。美国在早期设有约翰瑞比父子公司、霍尔与皮克公司联合销售服务机构^[3]。七十年代以后, 又在英国、法国、日本、澳大利亚、丹麦、墨西哥、新西兰、西班牙、瑞典、瑞士等国设立了钢结合金经营代办处^[4]。为了扩大宣传, 进行推广, 美国还专门拍摄了钢结合金专题电影。

西德也是研制与生产钢结合金比较早的国家之一。它于1960年开始引进美国的Ferro-TiC C产品, 并供应于国内市场。1963年西德的蒂森特殊钢厂开始生产该牌号合金, 不久又在该牌号的基础上稍加改进(加入少量的铜), 出现了畅销至今的C₄₅牌号^[3], 以后又陆续创制了一些新牌号, 淘汰了一些旧牌号, 目前西德已有十五种牌号, 以“Ferro-Titanit”作为商标供应于市场。为了便于工具制造者使用这些新的工具材料, 西德在国内建

[1] F. Benesovsky, 《Plansee Proceedings》, 1955, Published by Metallwerk Plansee Ges. m. b. H., Reutte/Tyrol and Pergamon Press Ltd., London, 1956, p.92.

[2] 英国专利778268, 1955年6月7日申请, 1957年7月3日公布。

美国专利2828202, 1954年10月8日申请, 1958年3月25日公布。

[3] 《国外硬质合金》, 冶金工业出版社, 1976年, 第404页。

[4] Kenneth, J. A. Brookes 《World Directory and Handbook of Hardmetals》, an Engineers' Digest Publication, 1975, London.

立了供应钢结合金的商行。同时，西德也积极地向国外推销钢结合金产品，在英国、法国、荷兰、意大利、日本、墨西哥、瑞士、瑞典、南非、美国都设有经销代办处〔1〕。

钢结合金在其它国家也有不同程度的发展。1970年，荷兰飞利浦灯泡有限公司的工具与机械制造厂研制并生产了十三种钢结合金牌号〔2〕。这些牌号大多是仿制西德早期的产品。据称，该公司可用水静压设备制造 $\phi 400 \times 300$ 及 $400 \times 400 \times 400$ 毫米的大坯块〔2〕。此外，波兰、苏联、捷克、日本等国也先后研制与生产了一些牌号的钢结合金，其中以苏联的学科性的研究最为活跃。

我国钢结合金自六十年代初期研制成功以来，取得了迅速的发展。从我国钢结合金发展的情况来看，大致可归结为三个时期：

- 1) 1962~1966年为TiC系钢结合金研制时期；
- 2) 1967~1970年，TiC系钢结合金定型、批量生产，并推广应用；WC系钢结合金开始研制；
- 3) 1970年以后，随着真空连续烧结炉的试制成功，TiC系钢结合金开始工业规模生产，其产量不断提高，品种规格不断增加，使用范围不断扩大，产品进一步系列化。与此同时，WC系钢结合金研制成功，并获得一定的发展。

我国钢结合金发展的主要特点是TiC与WC两大系列同时发展。我国钨的资源丰富、碳化钨又是硬质合金的主要原料，易于得到，以及碳化钨钢结合金生产不需要真空设备，因此，WC系钢结合金在我国发展较快。尽管如此，由于碳化钛与碳化钨相比，具有一系列优点，赋予合金更为优异的使用性能，因此，TiC系钢结合金在我国发展更快。考虑到我国钛资源也极为丰富，为了充分利用钛资源，发展TiC系钢结合金，使钨面向国际市场（碳化

〔1〕 同于第5页〔4〕。

〔2〕 Metaalbewerking, 1970, 36, No.8, p.223~227.

钨价格比碳化钛高一倍多), 也具有一定的经济意义。此外, 从生产角度考虑, 在真空技术逐渐推广应用的情况下, 采用真空设备烧结TiC系钢结合金并无困难, 这不仅无需采用制氢设施(如氢氧站、分解氨站), 而且有助于提高合金质量。总之, 从长远观点看来, TiC系钢结合金仍将是我国钢结合金发展的主要方向。

我国钢结合金发展的另一个特点是从事研制、生产的厂家和单位较多(国外多系一厂一家), 推广交流较为活跃。钢结合金明显的优越性及其在应用中所带来的经济效果, 在我国愈来愈引起人们的注意和重视, 从而使钢结合金的应用范围不断扩大, 用户遍及全国各地。

我们相信, 随着科学技术的飞速发展, 钢结合金作为一种新型工程材料必将在我国四个现代化建设的进程中得到更大的发展, 它在国民经济及国防尖端各领域中的作用必将进一步发挥, 它的潜在应用必将不断地被挖掘。

第二章 钢结硬质合金原料的制取

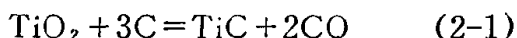
在钢结合金中，作为硬质相的原料主要是碳化钛和碳化钨，而作为粘结相的则为铁粉和中间合金，如Cr-Fe、Mo-Fe、V-Fe、Mn-Fe、W-Fe等粉末，或纯组元，如Cr、Mo、Ni、V、Mn、W等金属粉末。直接用钢粉做原料的很少。本章将着重介绍碳化钛、碳化钨以及铁粉和中间合金粉末的制取方法。采用钢粉（包括合金钢、高速钢、不锈钢）作钢结合金粘结相的原料，也有一定可取之处，但由于生产实践较少，本章未予叙述。

第一节 碳化钛的制取

工业碳化钛通常是由二氧化钛和炭黑所配制的炉料在高温下于氢气中或真空中进行碳化而制得，其工艺流程如图2-1所示。

一、碳化钛生成的反应机理

二氧化钛在高温下被固体碳还原并生成碳化钛，其过程的总反应式如下：



由二氧化钛和炭黑生成碳化钛的过程主要是固相反应，这是碳化钛生成机理中一个极为重要的特点。

实际上，二氧化钛被还原并生成碳化钛的过程要经过一些钛的中间氧化物，即 $\text{TiO}_2 - \text{Ti}_2\text{O}_3 - \text{TiO} - \text{TiC}$ ，因此，整个过程可分为三个阶段：

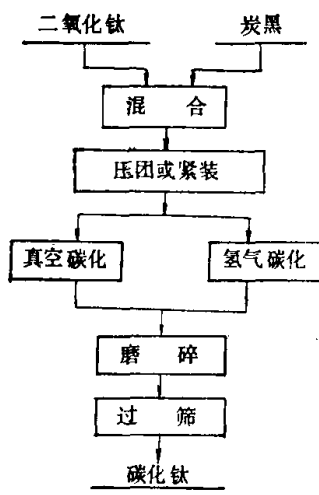
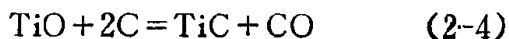
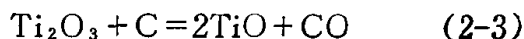
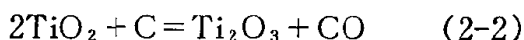


图 2-1 碳化钛生产工艺流程图

在反应的最后阶段(2-4)中,一氧化钛中的氧原子逐渐被碳原子所置换,生成TiC-TiO固溶体,最后转化为TiC。

反应过程的进行在很大程度上取决于炉内气氛的成分及其分压。碳化钛生成的反应过程可在氢气、一氧化碳或真空中进行。

如果反应过程在氢气中进行时,则可在炉内发生如下反应:



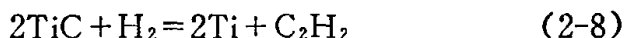
此时,碳化钛的生成不仅通过固相反应[如反应(2-4)],而且也通过气相反应,即:



在这种情况下,上述反应的平衡常数不仅取决于参与反应的气态物质的分压,而且也取决于生成的TiC-TiO固溶体中的TiO和TiC的浓度,可用下式来表示:

$$K = \frac{P_{CO} \cdot P_{H_2} \cdot [TiC]}{P_{C_2H_2} \cdot [TiO]} \quad (2-7)$$

试验表明,在反应过程中,快速升温并在最高反应温度下不经保温而迅速冷却,有利于提高炉内气氛中的碳氢化合物的分压,从而可获得较高化合碳含量的TiC。否则,如果升温缓慢且在最高反应温度下延长保温时间,分散性极强的炭黑颗粒会产生石墨化,降低其表面活性,从而使炉内气氛中的碳氢化合物的分压降低,以至阻碍反应向生成碳化钛的方向进行造成碳化钛中化合碳含量降低(图2-2)。与此同时,在这种情况下已生成的碳化钛还可能被还原:



如果反应过程系在一氧化碳气氛中进行(此时炉内的一氧化碳是由二氧化钛被固体碳还原所产生的,并随着反应过程的加速而增加,直至充满炉子的反应空间),碳化钛生成过程的最后阶段按反应式(2-4)进行。考虑到TiC-TiO固溶体的存在,其反应的平衡常数可用下式来表示:

$$K = \frac{P_{CO} \cdot [TiC]}{[TiO]} \quad (2-9)$$

在一氧化碳中与在氢气中一样,随着在最高反应温度下保温

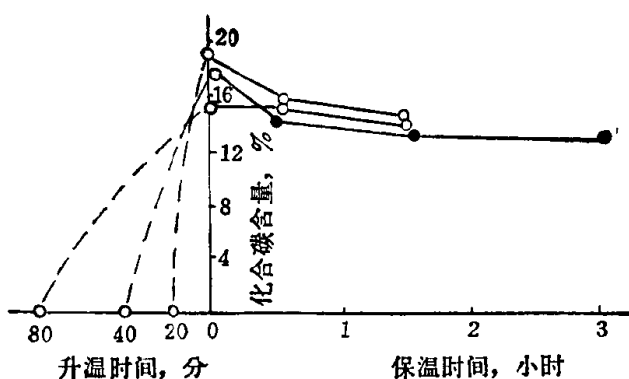


图 2-2 升温速度和保温时间对碳化钛化合碳含量的影响

时间的延长，剩余炭黑产生石墨化，从而降低其表面活性，并可能产生反应式 (2-4) 的逆反应 (2-10)，



导致碳化钛氧化脱碳，其总的结果会使碳化钛的化合碳含量降低，游离碳含量提高。

综上所述，在制取碳化钛的过程中，可通过快速升温并快速冷却已生成的碳化钛来提高碳化钛化合碳含量。

在氢气或在一氧化碳气氛中（特别是在最高反应温度下保温时间长的情况下）制得的缺碳的碳化钛可以看作是TiC-TiO固溶体，其成分（即TiC与TiO之比）取决于反应过程中一氧化碳的分压。降低反应空间一氧化碳的分压，有助于反应式 (2-4) 的反应充分进行。因此，在降低一氧化碳分压（如抽真空）的条件下制取碳化钛时，可提高化合碳含量。同时，在抽真空的条件下，可避免空气中氧和氮的影响，防止TiC-TiO-TiN固溶体产生，从而也有利于提高化合碳含量。

对真空条件下碳化钛生成机理的研究表明：在1600~1700℃下，反应空间内一氧化碳的压力由一个大气压降至100毫米汞柱时，碳化钛的生成可按反应式(2-4)进行；当一氧化碳压力在1~10毫米汞柱时，碳化钛的成分最接近于化学计量值。

因此，在真空条件下制取碳化钛时（即真空碳化），可得到