



[12]发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 89106168.1

[51] Int.Cl⁵

B22F 3/12

[43]公开日 1991年2月13日

[22]申请日 89.8.3
 [71]申请人 苏联科学院狭窄的宏观动力学研究所
 地址 苏联莫斯科
 [72]发明人 亚历山大·格里高里耶维奇·梅尔什诺夫
 伊兰·皮特罗兰·布罗维斯科耶
 亚历山大·尼科莱维奇皮特朱林
 维科托尔·伊万罗维奇·雷特尼科维
 康斯坦丁·莱尼杜维奇·艾皮申
 瓦得姆·莱尼杜维奇·科万尼

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
 代理部
 代理人 郑松宇

C22C 1/04 C22C 33/02

说明书页数: 32 附图页数: 1

[54]发明名称 制取合成材料的方法

[57]摘要

本方法包括制备配料,将其压实,放入合成区,配料点燃和按照燃烧规范配料组分的随后反应,然后实现约 0.1 秒至约 0.5 小时的保持和在压力下以约 10 至约 2000 公斤/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物,随后在等压条件下保压压实产品至合成材料完全均匀化,随后冷却,这样制得了最终合成产品。

△
8
▽

权 利 要 求 书

1. 一种制取合成材料的方法, 包括制备配料, 该配料含有至少一种元素周期表中Ⅲ—Ⅶ, Ⅷ族的金属元素和至少一种由单独选取的或组合的上述各族元素中至少一种元素组成的化合物, 至少一种元素周期表中Ⅲ—Ⅶ族的非金属元素和一种由单独选取的或组合的上述各族元素中至少一种元素组成的化合物, 以及粘结组分; 还包括配料压实; 将配料放入合成区; 配料点燃和随后按照燃烧规范使配料组分反应; 热燃烧产物的压实和随后得到最终产品, 其特征在于配料点燃后至燃烧产物压实前保持约0.1秒至0.5小时, 而热燃烧产物的压实在压力下以约2000公斤/厘米²·秒的平均增压速度进行, 随后在等压条件下保压压实产品至合成材料完全均匀化和随后冷却。

2. 根据权利要求1的方法, 其特征在于在均匀化之后, 但在合成材料冷却之前进行其热处理。

3. 根据权利要求1的方法, 其特征在于在合成材料冷却之后进行其热处理。

4. 根据权利要求2或3的方法, 其特征在于所制取的合成材料冷却, 以约10至约5000℃/小时的平均速度进行。

5. 根据权利要求1的方法, 其特征在于至少在配料点燃时和燃烧产物压实前保持的开始阶段, 建立约10至约1000公斤/厘米²的压力。

6. 根据权利要求5的方法, 其特征在于在燃烧产物压实的全部保持时间内保持压力。

7. 根据权利要求1的方法, 其特征在于在配料点燃前, 用外部

热源加热至温度由约 100 至约 1200℃。

8. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于配料压实后将其放入带松孔的隔热包套内。

9. 根据权利要求 8 的方法, 其特征在于隔热包套具有开型孔隙, 并且开型孔隙的体积约为或小于隔热包套体积的 60%。

10. 根据权利要求 1 或 9 的方法, 其特征在于配料点燃前对合成区抽真空至表负压约为或低于 10^{-1} 毫米水银柱。

11. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于配料压实至相对密度为约 20 至约 90%。

12. 根据权利要求 11 的方法, 其特征在于配料在压实过程中成形。

13. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于热燃烧产物压实的保持, 压实和在等压条件下压实产品的保压均在超声波场内进行。

14. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于配料的点燃是借助超声波实现的。

15. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于在合成配料表面上放置带孔的耐热材料板, 板上放有点火剂, 其燃烧速度等于或高于配料的燃烧速度, 这时配料的点燃是借助点火剂实现的。

16. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于在配料点燃前在配料内设置有放气沟槽, 其体积约为配料体积的 60% 和更低。

17. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于利用元素周期表中Ⅲ—Ⅵ, Ⅶ族金属和/或其合金废料作为金属元素。

18. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于利用元素周期表中Ⅲ—Ⅵ族非金属元素生产废料作为非金属元素。

19. 根据权利要求1的方法, 其特征在于利用生产废料中的粘结组分作为粘结组分。

制取合成材料的方法

本发明涉及粉末冶金领域，更具体地说，涉及制取以元素周期表中Ⅲ—Ⅵ，Ⅷ族金属高熔点化合物为基的合成材料的方法。

以这些过渡金属的化合物如它们的碳化物、硼化物、氮化物、碳氮化物为基的合成材料，可用于冶金、机床工具、电工工业中制造切削刀具、硬质合金工具、模具和其它制品。

在技术的许多领域里有效的利用合成材料取决于它们一系列非常有价值的性能。

这类合成材料，例如硬质合金具有很高的硬度（洛氏硬度HRA 86—94），同时又有高的耐磨性，就是说在与金属材料，或与非金属材料相摩擦时都具有高的抗磨损性。

另一类合成材料为钢结硬质合金，它的硬度接近于金属陶瓷材料，而强度几乎不亚于钢。

某些合成材料能在高温下能很好地保持其性能。

合成材料最有效的应用是制造切削刀具、模具装备和其它制品。

现在制取合成材料的方法种类非常多。

制取硬质合金材料的方法是很普及的（В·И·特列恰科夫“烧结硬质合金的金属学基础和生产工艺”1976，冶金出版社，莫斯科科，P·77，它包括制取高熔点化合物和随后利用粉末冶金方式，即将制取的高熔点化合物粉末与粘结金属混合来制备配料，经毛坯压制和在其真空炉或氢气炉中于1350~1550℃温度烧结数小时而制成。

硬质合金用的高熔点化合物（过渡金属的碳化物，硼化物，氮化物）单由相应的金属（或者它们的氧化物）和非金属（硼，碳，氮）在电炉中于 $1600 \sim 2200^{\circ}\text{C}$ 温度加热数小时合成而制得（资料同前，P·265~293）。

另一种在经济和工艺方面都更先进的制取高熔点化合物的方法（美国专利，A. 3726643）是由元素周期表中 IV—VII 族选择至少一种金属与至少一种非金属（从碳、氮、硅、氧、磷、氟、氯中选出的）相混合，采用任何一种已知的手段，例如螺旋状钨丝加热，而把所制的配料局部点燃。这时在配料很小的区域内达到了引发金属与非金属相互作用放热反应所需的温度。

在更进一步的配料组分相互作用的过程，不再需要使用外部热源，而是借助放热反应本身的热量进行，借助于以 $4 \sim 16$ 厘米/秒的燃烧速度由热的配料层向冷的配料层传热，反应按照燃烧规范沿着配料自发地扩展。

这种制取硬质合金的方法是多阶段式：它包括预制高熔点化合物阶段和随后用已知的粉末冶金方法加工阶段。

此外，上述方法对能源有很大的浪费，也不能制取以某些高熔点化合物为基的致密和均匀的材料，例如，由于 TiB_2 的烧结性太差，因而不能用上述方法制取以 TiB_2 为基的材料。

还公知一种制取硬质合金材料的方法（美国专利，A, 4431448），这种硬质合金材料的孔隙率低于 1%，成份如下（%，重量）：

二硼化钛	— 40~60
粘结剂	— 3~30

碳化钛

—余量

该方法是将钛、硼、碳粉末与至少一种对硼惰性的金属（元素周期表中ⅠB副族金属）或以上述金属之一为基的合金的粉末混合而制成原始配料，或者采用在放热反应条件下生成的上述合金的金属粉末。然后压制配料，局部点燃配料来引发钛与硼和碳相互作用的放热反应，随后这种反应借助于由热的配料层向冷的配料层传热而沿配料扩展，同时按照燃烧规范自发地进行。放热反应结束后，压缩所制得的固相—液相反应物质使其孔隙率低于1%。

上述技术措施的特点是工艺简便和经济。应用它可以获得高硬度与高耐磨性的材料，而同时又保持相当高的强度。应用上述综合方式可使硬质合金的孔隙率降至1%和更低。

然而，用上述方法制取的材料在化学成份和物理—机械性能方面具有很显著的不均匀性。

产生这种情况的原因是在燃烧区配料组分的反应程度不足，结果燃烧产物含有反应不完全的组分，在燃烧产物的体积中呈不均匀分布。

这样就破坏了合成材料的化学均匀性。

此外，还产生了燃烧产物的等热性的破坏，从而导致其不均匀的压实和引起合成材料物理—机械性能均匀性的降低。

还公知一种制取硬质合金材料的方法（欧州专利，165707A2），它的实质是制备的配料含有至少一种在元素周期表中Ⅲ，ⅣA，ⅤA和ⅥA副族的金属元素和至少一种由单独选取或组合的上述各族元素中至少一种元素组成的化合物，由硼、碳、氮和硅序列中选取的至少一种非金属元素和单独选取或组合的上述元素的至少一种化

合物，以及粘结组分，它还包括配料压实，将配料放入合成区，配料点燃和按照燃烧规范配料组分的随后反应，热燃烧产物的压实，之后制得最终产品。

上述方法可制取以不同高熔点化合物为基的金属陶瓷材料，而且所获材料具有高硬度和极低孔隙率（低于1%）的特点。

然而，这时合成材料的均匀性不够高，这是由于原始配料组分反应不充分，燃烧产物压实不均匀，最终产品热应力过大的缘故。

按这种方法制取的硬质合金的不均匀性，可能导致不稳定性，而在某些情况下导致由上述材料所制造的零件的使用性能急剧恶化。

本发明的基本任务是提供一种制取合成材料的方法，它借助于合成工艺规范的改进使制得的合成材料在化学成份和密度方面达到高的均匀性。

解决上述任务的措施是提供一种制取合成材料的方法，包括制备配料，该配料含有至少一种元素周期表中Ⅱ—Ⅴ，Ⅵ族的金属元素和至少一种由单独选取的或组合的上述各族元素中至少一种元素组成的化合物，至少一种元素周期表中Ⅲ—Ⅴ族的非金属元素和至少一种由单独选取的或组合的上述各族元素中至少一种元素组成的化合物，和粘接组分，该方法还包括配料压实，将配料放入合成区，配料点燃和按照燃烧规范配料组分的随后反应，热燃烧产物的压实之后制得最终合成产品。按照本发明，配料点燃后至燃烧产物的压实前保持约0.1秒至0.5小时，而热燃烧产物的压实是以约10至约2000公斤力/厘米²·秒的平均增压速度在压力下进行，随后在等压条件下保压压实产品至合成材料完全均匀化和随后冷却。

建议在合成材料均匀化之后，冷却之前进行热处理。

最好在合成材料冷却之后进行热处理。

希望获取的合成材料以约 10 至约 5000 °C/小时的平均速度进行冷却。

建议至少在配料点燃时和燃烧产品压实前的保持开始阶段建立约 10 至约 1000 公斤力/厘米² 的压力。

最好在燃烧产品压实前的全部保持时间内保持上述压力。

希望在配料点燃前用外部能源加热配料至温度由约 100 至约 1200 °C。

建议在配料压实后将其置于带孔隙的隔热包套内。

最好在隔热包套上有开型孔隙，而开型孔隙的体积应占或小于隔热包套体积的约 60%。

希望在配料点燃前对合成区抽真空至表负压约 10 毫米水银柱或更低。

建议在压实过程中使配料成形。

最好压实配料至相对密度由约 20 至约 90%。

希望热燃烧产品压实前的保持，压实以及在等压条件下的保压约在超声波场内进行。

最好配料的点燃借助于超声波实现。

希望在合成区的配料表面上放置耐热材料制的带孔层板，板上放点火剂，点火剂的燃烧速度等于或高于配料的燃烧速度，这时配料由点火剂点燃。

建议在配料点燃前设置排气沟槽，排气沟槽的体积约占配料体积的 60% 或更低。

使用建议的方法可以获得化学成分和密度高度均匀的合成材料，

并保持低的孔隙率。

制备的配料含有至少一种元素周期表中Ⅲ—Ⅵ，Ⅷ族的金属元素和至少一种由单独选取的或组合的上述各族元素中至少一种元素组成的化合物，至少一种元素周期表中Ⅲ—Ⅵ族的非金属元素和至少一种由单独选取的或组合的上述各族元素中至少一种元素组成的化合物，以及粘接组分，使得获取的混合物便于按照燃烧规范进行高温反应。点燃配料时引发燃烧反应，它借助由热的配料层向冷的配料层传热沿着配料以燃烧区（反应前缘）自发扩展的方式进行。

在燃烧过程中形成相应元素—配料组分的化合物，并可观察到粘剂的熔化和流淌。

然而，在燃烧规范下配料组分反应时，产生大量气体析出，这些气体基本上是表面吸附气体和易挥发杂质。

这样一来在燃烧产物的松孔体积中产生很大的气体压力，妨碍压实过程。

并且在燃烧前缘配料组分的反应完全度达不到100%，即燃烧波沿配料通过后组分的相互作用仍继续进行。

为了保证配料原始组分的反应完全，燃烧产物均匀化以及排出生成的气体，在燃烧产物压实前必须将其保持一定时间。

保持时间的长短取决于许多因素，例如，制备配料的介质和时间，压实后配料的相对密度，配料体积的特征尺寸和其它因素。

同样，在保持时间内观察到燃烧产物的温度急剧降低，这意味着压实的条件恶化，合成材料相对密度的质量因素（ θ ）与保持时间长短（ τ ）的关系列于所附图1中。

从所附图1可见，在燃烧产物压实前存在着最佳保持时间值的区

域(τ 最佳),在此区域合成材料的相对密度最大。

当 τ 小于 τ 最佳时,产生气化杂质的堵塞,在冷却时这些气化杂质溶解于材料中,破坏了材料的均匀性。

此外,过早地压实配料导致配料组分的反应不完全,也可破坏合成材料的均匀性。保持时间的下限取决于这些原因。

当 τ 大于 τ 最佳时,产生燃烧产物温度的急剧降低,导致合成材料压实不完全,也就是说引起孔隙率增高。

由此可见,保持时间的上限取决于材料完全压实的可能性。

在实施保持时间之后,开始在压力下压实热燃烧产物。

在这种情况下,平均增压速度起着重要的作用。“储备”热量少的体积小的配料燃烧时,需要在其温度降至临界温度之前尽快地压实燃烧产物(临界温度指燃烧产物已不能完全压实的温度)。在这种情况下平均增压速度很高。

然而当体积大的配料压实时,快速增压可能会造成表面层的优先压实而导致被处理的合成材料的密度不均匀。

由此可见,提出的平均增压速度范围取决于下列因素:

下限 — 取决于在实际无孔隙状态前均匀压实大体积燃烧产物的可能性,也就是说若降低增压速度就会增加最终合成材料的孔隙率;

上限 — 取决于在保持合成材料高度均匀性时完全压实小体积燃烧产物的可能性,也就是说若继续提高平均增压速度就会破坏合成材料的均匀性。

在等压条件下压实产品的保压时间对合成材料的性能具有很大的影响。在此保压过程中,除了材料继续被压实外,还产生均匀化,即沿材料体积的浓度剖面得到均衡,显微松孔均匀愈合,以及组织缺陷

向材料表面转移。

因此在等压条件下保压可以大大提高合成材料的均匀性。

合成材料的形成是在极限条件下进行的。

而且高熔点组分及粘结组分常常具有不同的热膨胀系数。因此在某些情况下，材料在等压条件保压后具有极大的热应力。

所以，希望在合成材料冷却前对其进行热处理，例如，退火可以消除材料中的组织应力和热应力，即提高其组织均匀性。

另一种热处理——正火，可以提高粘结组分的均匀性，也就导致可获得较均匀的材料。

热处理的补充优点是可以提高合成材料的可加工性，例如，进行回火的结果。

最好在冷却后进行所获合成材料的热处理。

首先，在某些材料中激烈地进行着时效过程。例如，在含有钛基粘结剂的材料中，随着时间推移可能引起粘结组分的均匀性破坏，这是高温的 β -变态向低温的 α -变态过渡的结果。在这种情况下利用淬火这一类补充热处理可提高合成材料的均匀性。

所制取的合成材料最好以约10至5000°C/小时的平均速度进行冷却。

合成材料的冷却速度对其性能具有重要的影响。

以非常高的速度冷却时，材料中可能形成多种缺陷，导致其均匀性的破坏。这种情况决定了冷却速度的上限。

以非常低的速度冷却时，材料中可能发生某些不希望的过程，如再结晶，合成材料个别组分的相成分的变化及类似现象。就是说选择冷却速度下限时应考虑保持合成材料高度的均匀性。冷却速度上限取

决于保全材料的条件，即超过此限度可能使材料破坏。

应该指出，选择冷却速度应考虑合成材料的成分。

如上所示，配料燃烧时析出大量气体，这时配料的气体饱和度可能达到160厘米³/克或更高。

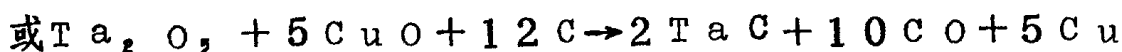
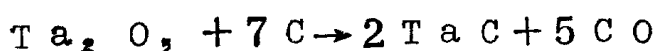
因此，配料燃烧时可能产生配料被气流冲坏，从而导致合成材料均匀性破坏。

为了防止这种现象，最好至少使点燃配料和燃烧产物压实前的保持开始阶段是在约10至1000公斤/厘米²的压力下进行的（保持时间开始阶段指配料燃烧已基本结束的一段时间范围）。

压力下限取决于保持合成材料致密性的条件。

选择压力限应考虑下列因素。提高压力时燃烧产物的除气过程会减缓，即有必要延长保持时间，这样就会导致合成材料孔隙率增高。而且提高压力引起由热燃烧产物强烈的散热，即合成材料温度降低和压实条件恶化。

在某些情况下，强烈的气体析出不仅发生在配料燃烧时，也发生在组分全反应时，例如，在配料中存在能生成气体产物的化合物时就会如此。可举下列反应式为例：



在此种情况下建议燃烧产物压实前的全部保持在约10至1000公斤/厘米²的压力下进行。选择压力极限值时应考虑上述各种影响的因素。

本方法所采用的配料燃烧速度可以从每秒零点几毫米至几十厘米，这时燃烧温度的变化为1000至4000℃。

在放热常数小的（即燃烧速度和温度低的）配料燃烧时，可以观察到可观的大范围内燃烧产物的不等温现象，这种现象会引起合成材料均匀性破坏。

并且某些配料成分具有如此低的放热常数，以致在无辅助热源的情况下，其燃烧前缘在配料中不可能扩展。

在这种情况下最好在配料点燃之前用外部能源加热（感应加热，直接通电加热，“化学炉”加热，炉中加热，超声波场加热等）至温度约100至1200℃。

有时这一方法也被用来提高燃烧产物的温度，即用于强化压实过程和均匀化，从而改善均匀性。

还应指出，仅在燃烧产物压实前有保持时间，在等压条件下保压压实产品和采用最佳增压速度时，点燃前配料的加热才是有效的。这与下面的情况有关也就是放热常数小的配料反应时，在燃烧波中元素转变的程度较小，即存在着较大的烧尽区。如上所述，在烧尽区配料组分的全反应仅在燃烧产物压实前进行保持的情况下才有可能。配料组分缓慢地反应完引起材料均匀性的破坏，配料组分采用最佳增压速度进行燃烧产物的压实和在等压条件下实现压实产品的保持可以补偿以上缺点。

点燃前配料的加热温度下限取决于制取均匀合成材料的条件，即在燃烧产物温度降低时可能存在大量的反应不完全的组分，从而引起材料均匀性破坏和提高其孔隙率。

加热温度上限受配料自燃条件的限制，即在高温下反应会自发地开始。

在制取合成材料时，如具有个别高熔点的组分，建议在配料压实

后放在带孔隙的隔热包套中。

如果不这样做会产生冷却，结果使材料的表面层加热不足和压实不充分，从而破坏均匀性和降低密度。

高熔点合成材料的压实必须在最佳增压速度下进行。否则合成材料将具有很高的密度不均匀性，即组织不均匀。

当合成材料具有高的熔点，而原始配料又有很高的气体饱和度，最好使隔热包套上具有开型孔隙，其体积约为或小于隔热包套体积的60%。

在这种情况下燃烧产物的除气变得容易，从而提高了合成材料的单相性。

应当指出，类似材料的合成必须在燃烧产物压实前有保持时间和在等压条件下保压压实产品。

开型孔隙率的上限值取决于隔热包套的强度条件，即是说若继续增加孔隙率就会使隔热包套破坏，因而也无法获取致密均匀的材料。

在燃烧产物压实前保持，在等压条件下保压压实产品和在最佳增压速度下压实燃烧产物可以达到：

(1)利用元素周期表中Ⅲ—Ⅵ，Ⅷ族金属和/或其合金废料作为金属元素；

(2)利用元素周期表中Ⅲ—Ⅵ族非金属元素生产废料作为非金属元素；

(3)利用粘结组分生产废料作为粘结组分。

作为金属元素还可以利用金属和合金各种加工所产生的废料，如切削加工，磨削加工，和其它加工的废料。

也可以利用在制取金属和合金或用其制造零件过程中形成的各种

不合格的料头。

作为非金属元素既可以利用各种加工废料，如石墨屑，也可以利用不合格的料头，如不合格的碳或硼纤维，硅镜，石墨电极等。

作为粘结剂可以利用生产废料中能满足一定要求的任何组分，例如加工钢、铸铁、金属、非金属等废料。

各种生产废料一般都被外来杂质强烈污染。这些杂质在配料组分高温反应时往往挥发掉，这样就加快了合成时的气体析出。

因此，只有在燃烧产物压实前进行保持才能完全释放出燃烧产物的气体，如同上面所述，它有助于获得高度均匀的致密合成材料。

而且成分中含有生产废料的配料，其燃烧速度和温度较低，即其产生的燃烧产品压实时的压实和均匀过程的进行比使用纯元素时同样的过程要慢一些。

因此在等压条件下进行压实产品的保压和在最佳增压速度下压实材料就具有特别的意义。只有这些措施才能保证在利用生产废料作为配料组分时获得均匀的材料。

如前所述，在大多数情况下配料燃烧均匀有大量气体析出。这种现象给制取均匀的合成材料造成了困难。

在燃烧产物压实前进行保持可以提高材料的均匀性，然而在燃烧产物压实前的保压过程却使燃烧产物的温度降低（见图1）。当然，如果配料的燃烧温度较低（正是它决定了燃烧产物的温度），则燃烧产物的除气必须增强。

在这种情况下建议在配料点燃前将合成区抽真空至表负压约 10^{-1} 毫米水银柱和更低，它可提高合成材料的均匀性。

真空度下限取决于这种措施的有效性，即在负压超过 10^{-1} 毫

米水银柱时，可能并不会发生燃烧产物除气过程的增强。

最有意义的是由合成材料直接制取零件或由合成材料合成只需最少机械加工量的毛坯。

在这种情况下希望在配料压实过程中进行其成形。

利用这些措施，如燃烧产物压实前的保持，在等压条件下压实产品的保压，以及约10至约2000公斤/厘米²·秒的平均增压速度在压力下燃烧产物的压实来制取合成材料，可以保留原始的初形，即获得形状接近最终零件的毛坯。

业已知道，配料的燃烧速度和温度与其相对密度的关系具有极值特点，而且最佳相对密度值与配料成分有关。

与此同时，燃烧的速度和温度高低决定了燃烧产物压实前的保持，增压速度和在等压条件下压实产品保持的最佳值。

因此，希望把配料压实至相对密度由约20至约90%。

密度低于20%时在配料中存在大量的缺陷，如拱曲，架桥等。

这就引起燃烧波扭曲和燃烧产物等热性的破坏，即降低材料的均匀性。

当配料密度超过90%时，大大降低其燃烧参数，它减缓了燃烧产物的压实和均匀化过程，也导致合成材料均匀性的降低。

为了增强燃烧产物的烧尽，压实和均匀化的过程，希望热燃烧产物压实前的保持，它们的压实和在等压条件下压实产品的保压，都在超声波场中进行。

施加超声波振荡可提高燃烧产物的温度，加速粘结剂的毛细管扩散过程，增强合成材料的均匀化，即导致其均匀性提高。

通常配料的点燃是借助螺旋电阻丝，石墨电极，感应加热，激光等来实现的。

所有这些点燃方法常常在点燃处引起缺陷，从而降低合成材料的均匀性。在燃烧产物压实前进行保持，在等压条件下压实产品的保压，在最佳增压速度下压实燃烧产物，允许在大多数情况下消除这些缺陷。

在不能这样做的情况下，最好采用超声波点燃配料，这时材料中实际不会产生缺陷，即材料具有高的均匀性。

当配料的体积和质量增大时，则其燃烧时间问题变得非常重要。当在配料某一点点燃时，燃烧产物压实前的保持时间可能需要相当长。以致在施加压实力时燃烧产物的热量变得不均匀。

为了提高合成材料的均匀性，最好在合成区配料表面上放置耐热材料的带孔层板，在板上放点火剂，其燃烧速度等于或高于配料的燃烧速度，在这种情况下配料借助于点火剂点燃。

在上述情况下，点火剂中引发反应后配料的燃烧时间大大缩短，因为通过耐热材料的各孔提供了多源引发在撤除压实压力后点火剂很容易同基体材料分开。

当配料的体积和质量相当大时，保证燃烧时析出的吸附气体和易挥发杂质能够完全和迅速地释放具有很重要的意义。

为了改善气体析出条件，建议在配料中设置放气沟槽，其体积约占或小于配料体积的60%。沟槽体积超出60%是不适宜的，因为配料的燃烧速度降低，它导致获取的合成材料均匀性恶化。

制取合成材料的方法可优先以下列方式实现。

采用一种方法，如混合法制备配料，配料含有至少一种元素周期

表中Ⅲ—Ⅵ，Ⅷ族的金属元素和至少一种由单独选取的或组合的上述各族元素中至少一种元素组成的化合物，至少一种Ⅲ—Ⅵ族的非金属元素和至少一种由单独选取的或组合的上述各族元素中至少一种元素组成的化合物，以及粘结组分，如钛、碳和镍。

所取配料组分的比例，应使它们在燃烧规范中继续相互作用能获得规定成分的合成材料。

为了降低合成材料的成本而又能保持其高均匀性，在某些情况下可利用元素周期表中Ⅲ—Ⅵ族金属和/或其合金的废料，如钛合金磨削废料作为金属元素；利用元素周期表中Ⅲ—Ⅵ族非金属生产废料，如硼纤维切头作为非金属元素；利用粘结组分生产废料，如磨削钢废料作为粘结组分。

制备好的配料须经压实和成形，例如，压实密度0.6和成形为直径160毫米和高度60毫米的圆柱体。

然后将配料放入带松孔的隔热包套中，包套具有开型孔隙，其体积约为或小于隔热包套体积的60%。

只有在下列情况下才需要放入带松孔的隔热包套中，即合成材料中的高熔点组分具有极高的熔点，而原始配料又具有相当高的吸气性和低的放热常数。在这种情况下便于燃烧产物的除气，从而增加了合成材料的均匀性。

将带有隔热包套的配料放入合成区，例如放入压力机压模，气压装置或液压装置中，这些装置附有点燃器，如螺旋状钨丝点燃器。

在使用特征尺寸很小的配料时，点燃器可采用超声波转换器。

然后将配料点燃，为此通过一处或多处与配料表面接触的螺旋状钨丝通电约0.5秒。

在点燃配料前对配料施加压力，由约10至1000公斤/厘米²，这样可以防止燃烧过程中配料的致密性被破坏。

在某些情况下，在配料点燃前，应用外部能源加热，例如用感应器，火焰喷灯，超声波加热至温度约100至1200℃。

如果出现配料燃烧温度较低的情况，在点燃前对合成区抽真空，例如抽至表负压 10^{-1} 毫米水银柱和更低。

为了提高合成材料的均匀性，在某些情况下合成区配料的表面上放置耐热材料的带孔层板，例如，石棉板，其上放点火剂，点火剂的燃烧速度等于或高于配料的燃烧速度，例如，钛和硼粉末的化学计量混合物的燃烧速度为配料燃烧速度的1.5倍，这时配料借助点火剂点燃。

为了改善配料中气体析出的条件，在配料点燃前可设置放气沟槽，它们的体积约占或小于配料体积的60%。

在点燃区或配料区点燃后，形成了引发配料组分相互作用的高温放热反应所必须的温度，在随后的燃烧过程中不再需要外部加热源，燃烧是借助自身放热的热量进行。

点燃后至燃烧产物压实前配料的保持时间约0.1秒至0.5小时。

在上述保持时间内，直接进行着配料组分相互作用的自身过程，它沿着反应区（燃烧区）配料借助由热的配料层向冷的配料层传热而进行自发的扩展。举例来说，燃烧速度可达2厘米/秒，燃烧区温度可达2700℃。

在燃烧区发生相应化合物，例如碳化钛的形成，粘结组分的熔化和流淌。

应该指出，燃烧产物压实前的保持时间内发生燃烧区沿配料的扩展，这一部分保持时间称为燃烧产物压实前保持时间的开始阶段。在所述全部保持时间内发生配料组分的全反应（在燃烧区反应的完全性小于1），燃烧产物的除气和均匀化。

在某些情况下，点燃和燃烧产物压实前保持时间的开始阶段是在约10至约1000公斤/厘米²的压力下渡过的，而在上述保持时间的开始阶段结束后撤消压力，保持的其余部分是在不加压条件下进行的。

在某些情况下，点燃和上述全部保持时间都在约10至1000公斤/厘米²的压力下渡过。

保持时间结束后燃烧产物的压实是在压力下，例如1500公斤/厘米²以平均增压速度约10至2000公斤/厘米²·秒进行。

此后在等压条件下，例如在1400公斤/厘米²压力下使压实产品保压60秒。

当材料具有较小的体积特征尺寸时，则热燃烧产物压实前的保持，压实和在等压条件下压实产品的保持均在超声波振荡场内进行。

在等压条件下压实产品的保压结束后，所获合成材料进行冷却，例如在空气中或以规定速度（例如200℃/小时）冷却。

在某些情况下，在合成材料冷却前进行热处理，例如按消除应力燃烧规范进行处理。

合成材料冷却后，可以进行正火。

为了更好地理解本发明，下面列出一些具体实施例。按照实施例制得的合成材料与按照已知工艺（原型）制得的材料均匀性，是按照上述方法加以测定，并列于实例之后的表内。

实例 1

混合配料，配料含有（%重量）：63.10—钛，28.4—硼和8.5—镍铜合金。

配料在200公斤/厘米²压力下压实后，放入合成区，点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行0.1秒的保持和在800公斤/厘米²压力下以2000公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物，然后在800公斤/厘米²压力下等压保压产品2秒。

所制得的合成材料的性能列于表内。

实例 2

混合配料，配料含有（%重量）：9.81—锆，62.18—钽，9.03—碳，18.98—五氧化二钽。

配料在300公斤/厘米²压力下压实，放入合成区，实现配料点燃和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行0.5小时的保持和在1000公斤/厘米²压力下以10公斤/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物，然后在1500公斤/厘米²压力下等压保持压实产品5分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例 3

混合配料，配料含有（%重量）：71.39—钛，7.83—硼，10.28—碳，5.00—碳化硼和5.5—铁。

配料在250公斤/厘米²压力下压实，放入合成区，实现配料点燃和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行0.1小时的保持和在压力以下1000公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧

产物，然后在 1000 公斤/厘米² 压力下等压保压压实产品 10 分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例 4

混合配料，配料含有（%重量）： 48 —钛， 17.4 —铬， 14.6 —碳， 10 —氮化钛， 10 —镍铬合金。

配料在 100 公斤/厘米² 压力下压实，放入合成区，实现配料点燃和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行 20 秒的保持和在 1500 公斤/厘米² · 秒的平均增压速度压实热燃烧产物，然后等压保压压实产品 2 分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例 5

混合配料，配料含有（%重量）： 50 —钼， 30 —硅， 10 —镍和 10 —铬。

配料在 120 公斤/厘米² 压力下压实，放入合成区，实现配料点燃和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行 40 秒的保持和在 3000 公斤/厘米² 压力下以 20 公斤力/厘米² · 秒的平均增压速度压实热燃烧产物，然后等压保压压实产品 5 分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例 6

混合配料，配料含有（%重量）： 89.2 —钛，和 10.8 —硼。

配料在 80 公斤/厘米² 压力下压实后，放入合成区，点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行 10 秒的保持和在

4000公斤/厘米² 压力下以1300公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物，然后在4000公斤/厘米² 压力下等压保压压实产品6分钟。

在撤除压力后，立即对热合成材料进行热处理，热处理按照消除应力退火规范在炉中进行，方法是加热至1000℃，在此温度保持6小时和随炉冷却。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例7

混合配料，配料含有(%重量)：48—钛，12—碳和40钢，钢的成分为(%重量)：1.0~1.2—碳，1.0~1.3—锰，余量—铁。

配料在40公斤/厘米² 压力下压实后，放入合成区，点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行15秒的保持和在2500公斤/厘米² 压力下以1500公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物，然后在2000公斤/厘米² 压力下等压保压压实产品4分钟。

撤除压力后，合成材料在空气中冷却。

冷却后，合成材料按回火规范进行热处理，方法是在炉中加热至920℃，在此温度下保持2小时，然后随炉缓慢冷却。

所制得合成材料的特性列于表内。

实例8

混合配料，配料含有(%重量)：48—钛，12—碳，20—氮化钛，15—镍和5—钼。

配料在90公斤/厘米² 压力下压实后，放入合成区，点燃配料

和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行40秒的保持和在600公斤/厘米²压力下以1100公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物，然后在600公斤/厘米²压力下等压保压压实产品3分钟。

撤除压力后，合成材料按照淬火规范进行热处理，方法是在温度340℃的熔融铅池中急剧冷却，在其中保持2小时，然后在空气中以500℃/小时的平均速度缓慢冷却。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例9

混合配料，配料含有(%重量)：50—钼，30—硅和20—氧化铝。

配料在140公斤/厘米²压力下压实后，放入合成区，点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，在500公斤/厘米²压力下保持50秒和在1000公斤/厘米²压力下以900公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物，然后在500公斤/厘米²压力下等压保压压实产品18分钟。

撤除压力后，合成材料以5000℃/小时的平均速度冷却，然后按退火规范进行热处理，方法是在炉中1000℃温度保温6小时和随炉缓慢冷却。

所制得合成材料的性能列于表中。

实例10

混合配料，配料含有(%重量)：63.1—钛，28.4—硼，8—钴铜合金和0.5—钷。

配料在250公斤/厘米²压力下压实后，放入合成区，点燃配

料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，在10公斤/厘米²压力下保持3秒和在1500公斤/厘米²压力下以1800公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物，然后在1500公斤/厘米²压力下等压保压压实产品10秒。

撤除压力后，热合成材料按回火规范进行热处理，以10℃/小时的平均速度冷却。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例11

混合配料，配料含有(%重量)：48—钛，17.4—铬，14.6—碳和20—钢，钢的成分(%重量)：铬—16~20，镍—12~16，碳—0.05~0.1，铁—余量。

配料在300公斤/厘米²压力下压实后，放入合成区，点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，在1000公斤/厘米²压力下保持60秒和在2500公斤/厘米²压力下以450公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物，然后在2500公斤/厘米²压力下等压保压压实产品3分钟。

撤除压力后，所获合成材料在空气中冷却，然后按回火规范进行热处理，方法是加热至700℃，保持3小时，然后以200℃/小时的平均速度冷却。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例12

混合配料，配料含有(%重量)：71.4—钛，7.8—硼，10.3—碳和5.5—碳化钒。

配料在130公斤/厘米²压力下压实后，放入合成区，点燃配

料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行50秒的保持，而且点燃配料和保持的开始阶段15秒是在400公斤/厘米²压力下进行的，然后在压力1800公斤/厘米²压力下以700公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实燃烧产物，其后在400公斤/厘米²压力下等压保压压实产品7分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例13

混合配料，配料含有(%重量)：9.8—锆，62.2—钽，9—碳和19—钴。

配料在190公斤/厘米²压力下压实后，放入合成区。配料点燃前用等离子喷枪加热至800℃。

然后点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行40秒的保持，这时在1000公斤/厘米²压力下进行配料的点燃和保持的开始阶段20秒，然后在3000公斤/厘米²压力下以90公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物，此后在3000公斤/厘米²压力下等压保压压实产品1分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例14

混合配料，配料含有(%重量)：71.4—钛，8.6—硼和20—氮化锆。

配料在240公斤/厘米²压力下压实后，放入带松孔的隔热外套内再放入合成区。

配料点燃前用直接通电法加热至温度100℃。

然后点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行120

秒的保持，其中在 10 公斤/厘米² 压力下进行配料的点燃和保持的开始阶段 40 秒，然后在 2500 公斤/厘米² 压力下以 1800 公斤力/厘米² · 秒的平均增压速度压实热燃烧产物，此后在 2500 公斤/厘米² 压力下等压保压压实产品 8 分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例 15

混合配料，配料含有（%重量）：84.4—钽，5.6—碳和 10—钽酸铜。

配料在 140 公斤/厘米² 压力下压实后，放入具有 60% 贯穿松孔率的隔热包套内，然后再放入合成区。

配料点燃前，用感应器将其加热至温度 1200℃，然后点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行 130 秒的保持，然后在 3000 公斤/厘米² 压力下以 1300 公斤力/厘米² 的平均增压速度压实热燃烧产物。此后在 1300 公斤/厘米² 压力下等压保压压实产品 15 分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例 16

混合配料，配料含有（%重量）：40.47—钛屑，9.92—碳，41.46—镍，8.15—钼。

配料在 90 公斤/厘米² 压力下压实后，放入具有 30% 贯穿松孔率的隔热包套中，然后再放入合成区。点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行 40 秒的保持和在 1100 公斤/厘米² 压力下以 350 公斤力/厘米² · 秒的平均增压速度压实热燃烧产物。此后在压力 1100 公斤/厘米² 压力下等压保压压实产品 3 分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例 17

混合配料，配料含有（%重量）：71.39—钛合金磨削废料，7.83—硼，10.28—碳废料和10.5—铁。

配料在160公斤/厘米²压力下压实后，放入合成区，点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行8秒的保持和在1400公斤/厘米²压力下以50公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物，此后在1400公斤/厘米²压力下等压保压压实产品1分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例 18

混合配料，配料含有（%重量）：15.30—钛磨削废料，25.17—钛合金磨削废料，9.92—碳和49.61—钢磨削废料，钢的成分（%重量）：碳—0.2~0.4，铬—1.2~1.4，锰—1.2~1.4，硅—1.2~1.4，铁—余量。

配料在190公斤/厘米²压力下压实后，放入合成区，实现配料点燃和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行30秒的保持。和在1900公斤/厘米²压力下以90公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物。此后在1900公斤/厘米²压力下等压保压压实产品1.5分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例 19

混合配料，配料含有（%重量）：48—钛，17.4—铬，14.6—碳和20—钢，钢的成分（%重量）：16~20—铬，

7~10—镍，0.5~0.8—钛，余量—铁。

配料在180公斤/厘米²压力下压实后，放入抽真空至表负压10⁻¹毫米水银柱的合成区。

然后点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行5秒的保持和在3600公斤/厘米²压力下以200公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物，此后在3600公斤/厘米²压力下等压保压压实产品60秒。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例20

混合配料，配料含有(%重量)：89.2—钛和10.8—硼。

配料成形为直径500毫米，高度100毫米的圆柱形试样，然后放入抽真空至表负压10⁻²毫米水银柱的合成区，点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行2分钟的保持和在900公斤/厘米²压力下以300公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物。此后在900公斤/厘米²压力下等压保持压实产品6分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例21

混合配料，配料含有(%重量)：50—钼，30—硅和20—氧化铝。

配料成形为相对密度为50%的六边形板，然后放入合成区，点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行4分钟的保持和在2900公斤/厘米²压力下以40公斤力/厘米²的平均增压速度压实热燃烧产物。此后在2900公斤/厘米²压力下等压保压压实

产品 10 分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例 2 2

混合配料，配料含有（%重量）：84.4—钽，5.6—碳和 10—钢，钢的成分（%重量）：16~20—铬，12~16—镍，0.05~1—碳，余量—铁。

配料压实至相对密度 90% 和放入合成区，点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行 40 秒保压和在 3000 公斤/厘米² 压力下以 30 公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物。此后在 3000 公斤/厘米² 压力下等压保压压实产品 8 分钟，这时的保持，热燃烧产物的压实以及等压保压均在超声波场内进行。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例 2 3

混合配料，配料含有（%重量）：48—钛，12—碳和 40—镍。

配料压实至相对密度 20% 后，放入合成区，借助螺旋钨丝点燃和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行 20 秒的保持和在 1000 公斤/厘米² 压力下以 100 公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物。此后在 1000 公斤/厘米² 压力下等压保压压实产品 1 分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例 2 4

混合配料，配料含有（%重量）：64—钛，16—碳和 20—钴。

配料在 200 公斤/厘米² 压力下压实，放入合成区，在配料表面上放有带孔的耐热材料板和点火剂，点火剂混合物成分如下（%重量）Ti—64；C—16；TiC—20。点火剂的燃烧速度与配料的燃烧速度相等，借助点火剂点燃配料。点火剂是用石墨电极点燃的。随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行 10 秒的保持和在 1000 公斤/厘米² 压力下以 60 公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物，此后在 1000 公斤/厘米² 压力下等压保压压实产品 2 分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例 2 5

混合配料，配料含有（%重量）：47.9—钛，21.6—硼和 20.5—钢，钢的成分（%重量）：铬—16~20；镍—9~11；钛—0.5~0.8；碳—0.05~1，铁—余量。

配料在 110 公斤/厘米² 压力下压实后，放入合成区，配料上设置有放气沟槽，其体积为配料体积的 60%，借助感应加热点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行 30 秒的保持和在 600 公斤/厘米² 压力下以 70 公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物。此后在 600 公斤/厘米² 压力下等压保压压实产品 3 分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例 2 6

混合配料，配料含有（%重量）：64—钛，16—碳和 20—镍。

配料在 180 公斤/厘米² 压力下压实后，放入合成区，配料上

配置有放气沟槽，其体积为配料体积的30%，借助激光点燃配料和随后按照燃烧规范使配料反应，进行50秒的保持和在4000公斤/厘米²压力下以560公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物。此后在4000公斤/厘米²压力下等压保压压实产品2.5分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例27

混合配料，配料含有(%重量)：32—钛，8—碳，50—镍和10—钼。

配料在360公斤/厘米²压力下压实后，放入合成区，借助超声波点燃配料和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行70秒的保持和在2000公斤/厘米²压力下以700公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物。此后在2000公斤/厘米²压力下等压保压压实产品7分钟。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例28

混合配料，配料含有(%重量)：48—钛，12—碳，10—氮化钛和30—镍。

配料在110公斤/厘米²压力下压实后，放入合成区，在配料表面上放置带孔的耐热材料板，板上放点火剂混合物(成分%重量)Ti—69，B—31)，点火剂的燃烧速度为配料燃烧速度的4倍，实现配料点燃和随后按照燃烧规范使配料组分反应，进行15秒的保持和在1500公斤/厘米²压力下以800公斤力/厘米²·秒的平均增压速度压实热燃烧产物。此后在1500公斤/厘米²压力下等

压保压压实产品50秒。

所制得合成材料的性能列于表内。

实例29

为了进行对比，列出了按照欧州专利EP0165707A2制成的硬质合金材料的获取方法实例。

混合配料，配料含有(%重量)：钛—76.87，硼—23.13。

在压实过程中将配料成形为直径5毫米，高度5毫米的圆柱体。此后把压实的配料放入由氮化硼制成的包套内，一起放入附有石墨加热器的超高压装置中。

此后借助该加热点燃配料，并同时配料加压30000大气压。

所制得的硬质合金材料的性能列于附表内。

按照全部实例测定了用所述工艺制取的合成材料的下列性能：合成材料的化学成分均匀性和密度均匀性。

均匀性按照下列公式测定：

$$K = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{c} - c_i)^2}{n-1}}$$

式中：K—合成材料的不均匀系数；

\bar{c} —性能平均值(例如，按合成材料体积和全部测量结果得出的钛含量或合成材料密度)；

c_i —一次实际测量时的相应性能值；

n—测量次数。

附表

实例 序号	合成材料的 制取方法	合成材料化学成分 的不均匀系数	合成材料密度的不 均匀性系数
1	2	3	4
1	本发明方法	0. 1 1	0. 0 9
2	本发明方法	0. 1 3	0. 1 7
3	本发明方法	0. 0 9	0. 1 0
4	本发明方法	0. 0 7	0. 0 5
5	本发明方法	0. 0 5	0. 1 2
6	本发明方法	0. 0 8	0. 0 6
7	本发明方法	0. 1 4	0. 1 0
8	本发明方法	0. 1 2	0. 1 1
9	本发明方法	0. 1 5	0. 1 5
1 0	本发明方法	0. 1 0	0. 0 9
1 1	本发明方法	0. 0 5	0. 0 5
1 2	本发明方法	0. 0 7	0. 1 0
1 3	本发明方法	0. 1 5	0. 1 6
1 4	本发明方法	0. 0 9	0. 0 9
1 5	本发明方法	0. 1 3	0. 1 5
1 6	本发明方法	0. 1 3	0. 1 7
1 7	本发明方法	0. 1 5	0. 1 3
1 8	本发明方法	0. 1 0	0. 0 9
1 9	本发明方法	0. 0 6	0. 0 5
2 0	本发明方法	0. 0 5	0. 0 5

2 1	本发明方法	0. 1 7	0. 1 5
2 2	本发明方法	0. 1 2	0. 1 1
2 3	本发明方法	0. 0 5	0. 0 5
2 4	本发明方法	0. 0 5	0. 0 5
2 5	本发明方法	0. 0 8	0. 0 9
2 6	本发明方法	0. 0 5	0. 0 5
2 7	本发明方法	0. 0 5	0. 0 5
2 8	本发明方法	0. 1 3	0. 1 1
2 9	对比方法	0. 4 3	0. 3 7

不均匀性系数的最低值 (0. 0 5) 取决于所用方法的精度。

由上表可见, 按本发明方法所制取的合成材料具有极高的化学成分及密度均匀性。

本发明可以最有效地应用于冶金、机床工具、电工工业中用本发明方法制取的合成材料制造切削刀具、硬质合金装备、模具和其它制件。

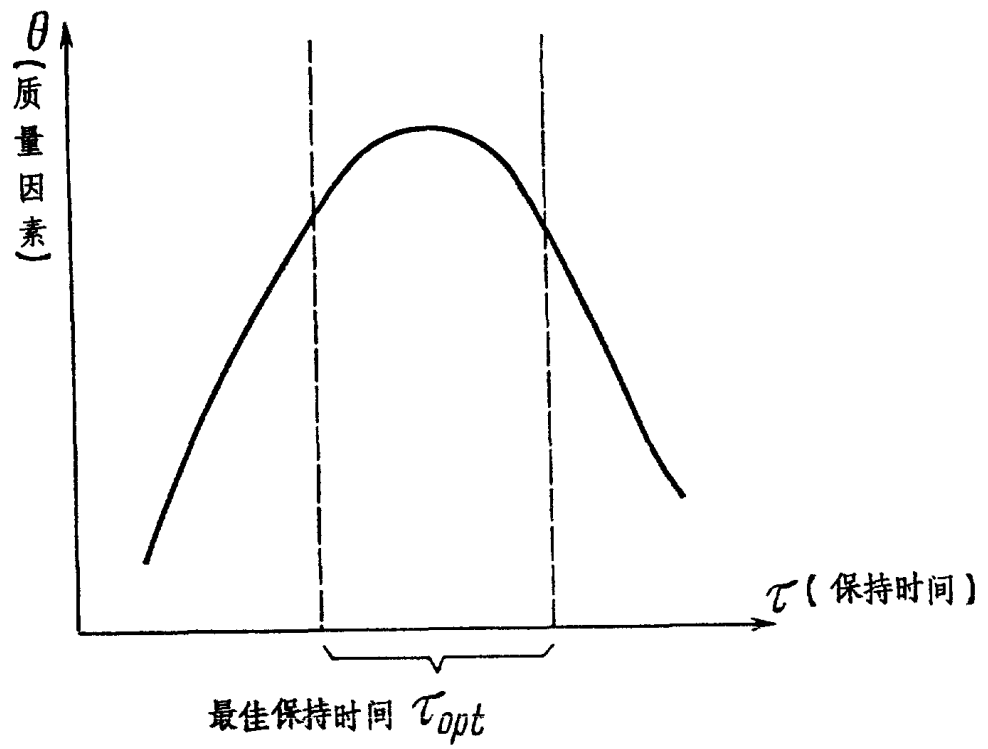


图. 1