



# 金属陶瓷复合塑料切粒刀的研制及应用

关德慧\* 于宝海 毕敬

(中国科学院金属研究所, 沈阳110015)

**摘要** 研究了 TiC-NiCr 金属陶瓷在塑料切粒刀上的应用。这种切粒刀结构特点是金属陶瓷刀刃与钢刀体通过高温真空扩散焊复合为一体。结果表明这种金属陶瓷复合切粒刀性能比钢结硬质合金切粒刀更好。

**主题词** 刀具 金属陶瓷 扩散焊

## 1 引言

在聚乙稀、聚丙烯等塑料原料的生产中, 造粒机组是关键设备之一。切粒刀是造粒机组中主要的消耗性易损件, 其性能的优劣、寿命的长短直接影响着产品的质量和产量。德国、日本、意大利等塑料机械生产厂家都对切粒刀的材质及耐磨性给予很大的关注, 其产品在国际上享有很高的声誉。国内一些研究单位联合有关刀具生产厂家在切粒刀国产化方面曾做过工作, 但由于以往选用材质不当, 国产切粒刀的使用性能与进口刀相比差距仍较大。以齐鲁石化公司塑料厂为例, 用日本 JSW 切刀加工聚丙烯物料, 使用寿命可达 150 天, 国产切刀只能用 25 天左右。由于使用国产切刀需频繁地停车换刀, 不仅增加了工人的劳动强度, 而且会增加物料损耗, 减少产量, 影响企业效益。因此, 目前仍有相当一部分企业, 不得不依赖进口切刀维持生产。

随着石化工业的发展, 我国塑料原料的产量将不断增加, 产品档次也会不断提高, 切粒刀的用量将会随之增多, 长期依赖进口非永久之计。因此, 研制开发高性能、长寿命的

国产切粒刀是十分必要的。

## 2 研制方案

### 2.1 进口切刀材质和性能分析

表1和表2给出了齐鲁石化公司塑料厂两种进口切粒刀的材质和性能分析结果。

表1 进口切刀的化学成分 wt %

切刀产地	TiC	Fe	Co	Ni	Cr	Mo	Al
德国 WP	34.3	45.5	5.67	8.03	0.34	5.66	0.50
日本 JSW	37.0	40.0	6.6	1.8	9.5	4.2	0.8

表2 进口切刀的力学性能

切刀产地	硬度:HRC	$\sigma_b$ , MPa	$\sigma$ , J/cm <sup>2</sup>
德国 WP	62.5	1483	2.44
日本 JSW	61.5	1480	2.23

\*注: 冲击韧性实验采用 30 mm 跨距, 无缺口试样, 样品尺寸为 50 mm × 5 mm × 5 mm。

从上述分析结果可知, 进口切刀材质为钢结硬质合金。这种材质具有较高的硬度、抗弯强度和较好的冲击韧性。由于组织中分布着大量的 TiC 硬质颗粒, 使得这种材质具有很高的耐磨性<sup>[1]</sup>。

国产切粒刀多采用 9CrSi、4Cr13 或 Cr12MoV 等工具钢制作, 由于选材没有走出

\* 关德慧, 硕士, 助理研究员, 从事复合材料研究及产品开发工作

收稿日期: 1997.8.14

合金钢范围,故性能上没有突破,使用寿命与进口切刀比相差很大。

## 2.2 技术方案

切粒刀失效的主要形式是磨损。切刀与嵌有硬质合金块的模板接触,运动速度很快,由于摩擦热加上工作温度(模板工作温度在 $\sim 220^{\circ}\text{C}$ ),刀具刃部在工作时温升很高,这些苛刻的工况条件使切刀产生磨损。其次,切刀在工作时也承受一定的振动和冲击,有时也因崩刃造成切刀失效。

根据切粒刀使用的工况条件及进口切刀解剖分析结果,确立了新型切粒刀的研制技术方案,其要点为:

- (1) 切刀刃部选用高性能的金属陶瓷以提高切刀的耐磨损;
- (2) 选用合金结构钢做切刀的刀体以提高切刀的强度和抗冲击性;
- (3) 采用真空扩散焊将刀刃与刀体牢固地结合为一体。新型切刀的结构如图1所示<sup>[2]</sup>。

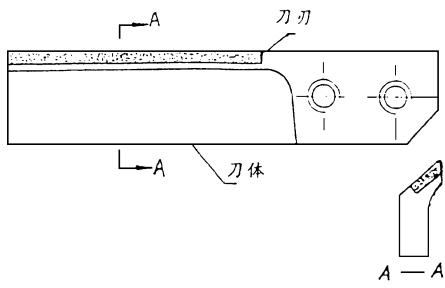


图1 复合切粒刀结构示意图

金属陶瓷具有高耐磨、耐热和耐蚀等综合性能,在刀具领域中已引起人们的注意<sup>[3]</sup>。本项目中选择的金属陶瓷材料为TiC-NiCr,即TiC作硬质相,NiCr合金作粘结相的金属陶瓷。TiC具有高硬度、低比重、耐腐蚀及热稳定性好等一系列优异的理化性能,并且在烧结过程中晶粒长大倾向性小,颗粒多呈圆

球形,可为复合材料提供优良的使用性能<sup>[1]</sup>。NiCr合金具有较好的耐热、耐蚀性。在这种合金中加入少量Ti和Al进行合金化,通过控制烧结后的冷却速度,合金中析出弥散分布的Ni<sub>3</sub>Al和NiAl,使粘结相得到强化,整体金属陶瓷的力学性能也得到提高。选择这种成分的粘结相还因为它可以使金属陶瓷与钢之间具有良好的焊接性。

刀体材料应主要满足这几点要求:(1)可以获得足够高的强韧性,(2)与刀刃的良好焊接性,(3)价格便宜。综合这三点,可选用45#钢或40Cr作刀体材料。

金属陶瓷刀刃与40Cr刀体的焊接技术为高温真空扩散焊接。

这种复合结构设计,即保证了切刀刃口的耐磨损,又使得切刀整体具有足够的强韧性。与进口刀整体采用钢结硬质合金相比,这种设计具有结构合理和加工成本低等特点。

## 3 刀刃、刀体及界面的结构与性能研究

### 3.1 TiC-NiCr 金属陶瓷的制备

TiC-NiCr金属陶瓷是采用粉末冶金工艺制备的。工艺流程为,粉末检验→烘干→配料→混料→掺胶→造粒→成形→排粘→真空烧结。其中主要工艺参数为,球料比3:1,混料时间4h,烧结温度与TiC含量有关,在 $1300^{\circ}\text{C} \sim 1400^{\circ}\text{C}$ 之间,保温时间30~60min。

### 3.2 金属陶瓷的组织和性能

#### 3.2.1 金属陶瓷的组织

在研究TiC-NiCr金属陶瓷时选择了进口切粒刀材质钢结硬质合金作对比。

图2给出了含TiC50%的TiC-NiCr金属陶瓷和德国切粒刀扫描电镜下的显微组织。照片上黑色组织为TiC。从图中可以看到两种材料中硬质相分布都很均匀,但形状有差别,前者TiC颗粒较圆,后者TiC颗粒较细长。

#### 3.2.2 金属陶瓷的性能

图2 刀具材料的显微组织 $\times 500$ 

a. TiC-NiCr 金属陶瓷

b. 钢结硬质合金(德国)

在本项工作中,研究了不同 TiC 含量下金属陶瓷的性能,TiC 含量范围为 30%~55%,随着 TiC 含量由低到高其标号由 TC01 到 TC05。实验结果见表3。

表3 TiC-NiCr 金属陶瓷力学性能实验结果

性 能	TC01	TC02	TC03	TC04	TC05
硬度, HRC	51	55	58	63	66
$\Phi_b$ , MPa	1459	1662	1703	1470	1268
$\Phi_s$ , J/cm <sup>2</sup>	4.87	3.94	3.06	2.47	2.31

从表中结果可见,随着 TiC 含量增加,TiC-NiCr 金属陶瓷的硬度和冲击韧性呈现出规律性的单调上升和下降的趋势,强度指标则出现一个峰值。综合看来 TC03 和 TC04 的性能与进口切刀较为相近。

为了比较 TiC-NiCr 金属陶瓷与进口切粒刀材质的耐磨性,在 Amsler 环块摩擦磨损实验机上进行了耐磨性模拟实验。实验条件为:转速 400 r/min 载荷 2000 N, 水润滑, 摩擦副为 45 号钢, 其表面硬度为 53 HRC。实验时试环(45 号钢)在试块(刀具材料)表面滑动, 试块表面产生一道磨痕。用磨痕宽度来表示试块的耐磨性, 磨痕越宽表示试块材料越不耐磨。实验结果见表4。

表4 摩擦、磨损实验结果

材料	磨痕宽度, mm	试环失重, g	摩擦系数
TC04	2.22	0.087	0.145
德国刀	3.81	0.080	0.280

实验结果表明,TiC-NiCr 金属陶瓷与 45

号钢配对时,其耐磨性优于德国切粒刀材料,并且摩擦系数较小,这意味着用 TiC-NiCr 金属陶瓷做切粒刀会取得较好的使用效果。

### 3.3 刀体材料性能

经过高温真空扩散焊后,刀体 40Cr 的晶粒粗大,导致材料韧性降低。但经调质处理后,刀体 40Cr 仍可以获得较高的强韧性。调质后刀体的冲击韧性可达 40 J/cm<sup>2</sup>,与未经高温的 40Cr 比仅差 2 个单位。调质后刀体硬度为 ~35 HRC。

### 3.4 界面结构与强度

刀体 40Cr 与刀刃金属陶瓷经高温真空扩散焊后,界面的形貌如图3所示。从图3可见,焊合后金属陶瓷与 40Cr 之间有明显的过渡层,该过渡层经硝酸酒精腐蚀后仍呈白色亮带。能谱分析表明过渡层的成分主要为 Fe、Ni 和 Cr,从金属陶瓷到 40Cr,过渡层中 Fe 含量升高,Ni、Cr 含量下降。因为过渡层是 40Cr 中的 Fe 与金属陶瓷中的 Ni、Cr 形成的合金,所以两种材料焊合相当好。

实验表明,TiC-NiCr 金属陶瓷与 40Cr 焊接后,再对 40Cr 进行调质处理,界面具有相当高的强度。焊接界面的抗拉强度达 650 MPa,剪切强度达到 550 MPa。焊接界面的抗拉强度相当于未经高温调质态 40Cr 强度的 2/3,这可以保证复合切粒刀在工作中刀刃不至于脱落。

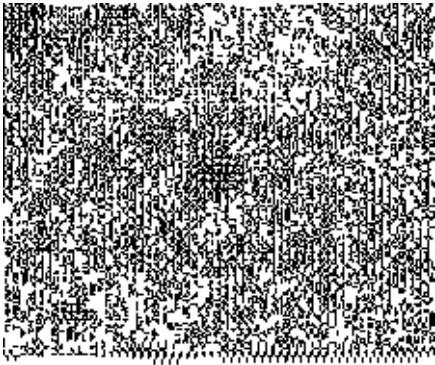


图3 焊接界面形貌×200

表5 复合塑料切粒刀使用结果

使用厂家	物料种类	使用时间,天	与进口切刀比较
齐鲁石化	PP	246	超过
	HDPE	136	超过
燕山石化	PP	61	相当
抚顺乙烯	PP	83	相当
大庆石化	HDPE	48	相当

#### 4 复合切粒刀的使用结果

复合切粒刀在国内多家大型石化企业使

用都取得了很好的结果，并成功地替代了进口切粒刀。表5给出了部分厂家的使用结果，从中可见复合塑料切粒刀的使用性能已达到并超过了国外同类产品的水平。由于不同厂家使用塑料切粒刀的工况条件(如模板材质、模板表面状态、载荷及推进力等)不同，所以同样材质的刀具在加工同一种物料时，不同厂家的使用寿命也有差别。

#### 5 结论

(1) 复合切粒刀设计合理，选材得当；刃部复合材料的强度、韧性和耐磨性等均达到或超过进口切刀水平；

(2) 复合切粒刀的刀刃与刀体焊接强度高，刀体热处理后强韧性好；

(3) 复合切粒刀的使用寿命达到或超过了国外同类产品水平，完全可以替代进口。

#### 6 参考文献

- 1 珠州硬质合金厂·钢结硬质合金，北京：冶金工业出版社，1982年8月出版，1~50。
- 2 镶刃切刀，中国专利，CN 2231609 Y
- 3 刘灿楼，胡镇华，刘宁等·Ti(C,N)基金属陶瓷的摩擦磨损研究，粉末冶金技术，1994, 11(3) :1。

### 《摩托车离合器用粉末冶金从动齿轮技术条件》等两项 行业标准通过审定

根据机械工业技术发展计划及机械工业标准制修订计划的安排，由上海合众汽车零部件公司粉末冶金厂负责起草制定的《摩托车离合器用粉末冶金从动齿轮技术条件》(项目编号：97481401)和由武汉粉末冶金厂负责起草制定的《金属基镶嵌型固体自润滑轴承》(项目编号：97481402)两项行业标准经过

制定单位调研、起草、征求意见等各阶段工作，已于1997年11月15日至17日在北京召开的粉末冶金标准化工作会议上审查通过。以上两项标准的制定将有利于我国摩托车引进技术的吸收消化，加速国产化进程，促进行业的发展。

### 1997年六省区机械工程学会学术研讨会在承德举行

一年一度的晋、冀、蒙、豫、鲁、鄂六省区机械工程学会联合学术研讨会于1997年10月7日至9日在河北省承德市召开。这次会议的主题是：打好“三大战役”，振兴机械工业。参加会议的代表有29个单位共44人。中国机械工程杂志社社长兼总编蔡玉麟应邀

参加会议并讲话，这次会议共征集论文339，已收入各省编印的论文集中。到会交流论文246篇，其中河南64篇，河北46篇，湖北51篇，山西78篇，内蒙7篇，会议期间宣读论文21篇。

[曹宝星供稿]

pared by self-propagating high-temperature (combustion) synthesis (SHS). The morphologies of combustion products including agglomerative, nonagglomerative, coralline products are studied briefly. The production mechanism of AlN whisker and AlN stick crystal has also been discussed.

**Key words:** SHS, AlN

**Study on Preparation of Fine Spherical Ni-Co Alloy Powder for Cemented Carbides by Coprecipitation** Li Wei, Zhao Qinsheng (Department of Metallurgy, Central South University of Technology, Changsha, 410083)

A process for making Ni-Co alloy powder from a precursor of Ni-Co oxalate prepared by coprecipitation method was investigated, its chemical compositions were analyzed. The properties and morphology of precursor and alloy powder were determined. X-ray lattice constant evaluation shows that the powder product is a Ni-Co solid solution.

**Key words:** Coprecipitation, Ni-Co Alloy

**Development and application of the cermet composite cutting tools for plastic granulation** Guan Dehai, Yu Baohai, Bi Jing (Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015)

The application of TiC-NiCr cermet in cutting tools for plastic granulation is investigated. The cutting tool is consisted of steel body and cermet cutting plate, the two parts are jointed together by high temperature diffusion welding in vacuum. The results show that these composite cutting tools have better behavior than that of steel bonded carbide.

**Key words:** cutting tool, cermet, diffusion

welding

**Designing Robust Powder Mixes for Warm Compaction** S. St-Laurent, F. Chagnon (Quebec Metal Powders Limited) Yan Xiaoxiong (Winlink Industrial Resource Ltd.) translated

The consistency and properties of binder treated materials specifically designed for warm compaction on an industrial press were investigated. Specific test programs were conducted to quantify the effects of powder temperature on the consistency and stability of the compacting pressure and characteristics of green and sintered parts. The robustness of powder mixes to temperature fluctuation and production interruption were also evaluated.

**Key words:** warm compaction, powder binder

**Electron Microscope Analysis of Mechanically Alloyed Fe-C-Ti System powder** Wang Chenguo, Wu Jun, Liu Yuxian, Yang Junfa (Shandong University of Technology, Jinan 250061)

The specimen preparations of mechanical alloyed Fe-C-Ti powders have been discussed, their morphologies and microstructures have been studied. The results shows that the powder particle size increased at the beginning of mechanical alloying and then decreased, the powder morphology also underwent a sphere-spindle-sphere change. After vacuum heat treatment of the composite particles, it was clarified that TiC particles were precipitated in matrices and the size of TiC particles at interfaces was bigger than that in crystals.

**Key words:** mechanical alloying, powder morphology, electron microscope analysis