

YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO

IHI



REACH FOR THE SKY

~ 撑起天空的挑战者们 ~

VOL.5 STORIES

YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO



3-8

EYE on MARKET 竞逐世界的天空



9-12

FOCUS on PERFORMANCE
IHI 相马第二工厂

13-14

HISTORY OF MITSUBISHI

位于东京都心的
加工事业之乡

— 东京制作所 —



15-18

TECHNOLOGY ARCHIVE

通过原料
改变世界
CFRP半个世纪的历史

19-22

CRAFTSMAN STORY

挑战未知的原材料

— CFRP加工用钻头“MC系列”—



23-24

ABOUT US

通过材料及涂层开发
支撑飞机产业的研究网点

— 中央研究所 薄膜材料研究部 —



25-28

CUTTING EDGE

向新一代旋转
刀具发起挑战

29-30

WA~和~

飞镖

MESSAGE

三菱综合材料株式会社 常务执行董事
加工事业公司 董事长

鹤卷 二三男

不断持续进化的新原料,是耸立在我们刀具制造商眼前的高山。在重量轻、高强度的材料接连涌现,并广泛用于各种用途的现状下,飞机发动机及机体走在了最前端。我们所肩负的使命是,与从事飞机产业的客户携手攀登建立新加工技术的高峰。这条登峰之路崎岖险峻,尚无人涉足,甚至无径可寻。而且还必须根据瞬息万变的环境作出合理判断和随机应变。要登上顶峰,必须具备坚持到底的坚定意志、

充足的体力,齐全的物资。我们应当准备的物资包括产品、加工技术和生产能力等,体力则是指投入的资金和人才。只有上述条件一应俱全,与客户共同思考登山计划,让双方都唤起内心强烈的意愿,才能够踏上艰辛的登山之路。

愿我们的CRAFTSMAN STUDIO,能成为这些“挑战者们”中途歇脚、临时避险和登顶后分享喜悦的平台。



为您事业的成功领航 力争成为最佳伙伴

感谢您阅读通讯杂志YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO的第5期。

现在,各个领域都在以令人炫目的速度推进技术革新。本期介绍的飞机产业正可谓是最新技术的结晶,刀具制造商需要尽快建立起铝锂合金、CMC(Ceramic Matrix Composite)等新原料的切削加工技术。

要想切实满足大量使用此类最尖端原料的客户的期望,重要的是把客户的需求放在第一位,也就是具备以市场为主导的态度。刀具制造商不应单方面界定自身产品和服务的极限,通过与客户携手,共同向其追求的宏伟理想发起挑战,可以孕育出前所未有、超乎想象的成果。因此,对于我们刀具制造商,积极奉行“选择与集中”、深入参与客户的专业领域会变得愈发重要。本公司正在强化针对飞机、汽车、医疗等各个产业的措施,本期介绍的航空航天部顾名思义,是专门深入参与航空航天产业的部门。

要想成为客户真正的事业伙伴,除了

书面交流,还必须让客户感受实际情况,与我们一同深化理解与认识。本公司为了向客户提供细致的技术支持,在世界各地开设了5所技术中心,近期又在岐阜新开设了中部技术中心。建立起了除飞机、汽车产业的核心区,即中部地区外,还能向西日本地区的客户提供支持的体制。今后也要从全球化的视角出发,进一步扩充技术中心。

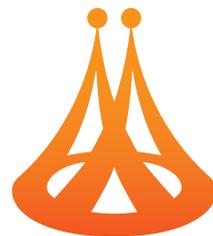
另外,今年5月,在“将发展硬质合金事业的热情投入制造,通过产品向客户提供更具魅力的企业价值”的理念下,我们创建了新的产品品牌“DIAEDGE”。希望通过不断推出兼具“DIA(钻石)般的高品质”与“EDGE(尖端)的精密性能”的产品,带给客户惊喜与感动。让客户更近距离地感受到“YOUR GLOBALCRAFTSMAN STUDIO”,与客户一同将“DIAEDGE”打造成为世界顶尖的硬质合金产品品牌。并且督促营业部门也要奋发图强:“不只是产品,营业同样要做到DIAEDGE!”

为了始终带着“速度感”和“高昂的积

极性”去解决客户的课题,让本公司的各个部门形成团结奋进的集体,每一名员工都真诚地付出努力。请您全方位运用本公司的技术、产品和人才,协助事业取得成功。

三菱综合材料株式会社
加工事业公司
副总监兼营业本部长

中村 伸一



YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO

EYE on MARKET AEROSPACE INDUSTRY



AIRBUS A320neo 2016年首飞

BOEING 737 MAX 2017年首飞

呵护人类与地球的新机型接连涌现

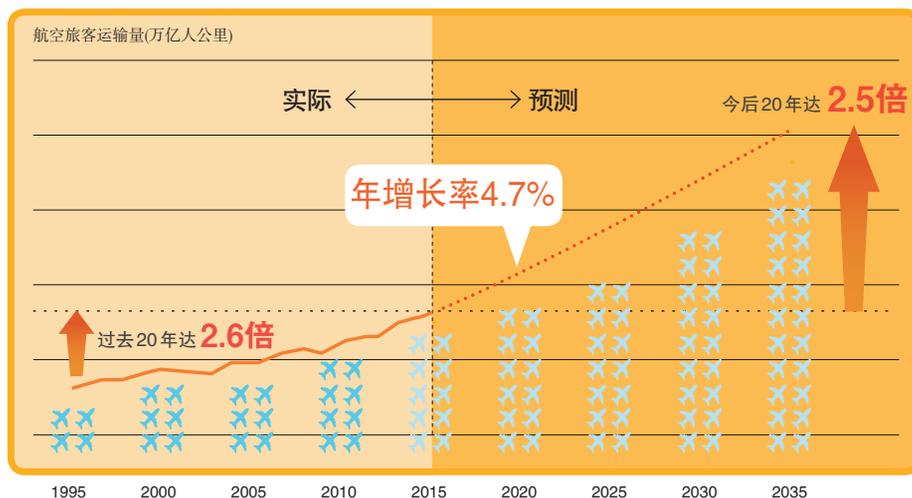
以旺盛的需求促进行业发展

以新兴市场国家为中心，全球航空旅客需求(航空旅客运输量)今后预计还将维持每年5%的高速增长。从现有的订货架数来看，引领喷气式客机市场的AIRBUS(欧洲)和BOEING(美国)两份份额相加，在2016年底占到了85%以上。特别是约有150个座位、中央设有1条通道的小型客机，由于在中国、印

度等人口大国的中短途航线需求旺盛，两强相加，全年生产并交付约1000架。而且，对于约有100个座位的支线喷气式客机，除了已经取得实际业绩的EMBRAER(巴西)、BOMBARDIER(加拿大)两家公司，SUKHOI(俄罗斯)、COMAC(中国)以及三菱飞机(日本)也

有意涉足，在全世界的天空掀起了更加激烈的竞争。而且，在21世纪开发并首飞的客机，配备有低噪音、低能耗的新型喷气式发动机，降低了对于人类和地球的危害。如上所述，飞机产业今后还将取得更大的发展，支撑其发展的切削加工行业，自然也需要不断地变革与进化。

全球航空旅客需求以每年5%的速度持续增长



来源：一般社団法人日本飞机开发协会

向不断进化的飞机用 新原料发起挑战的切削刀具制造商

随着航空旅客需求的增长带动喷气式客机增产，相关部件制造商也极其繁忙，特别是在切削加工现场，如何进一步提高生产效率成为了紧迫课题。

据悉，喷气式客机的部件总数达到300万件以上。其中，机体和起落装置需要更轻、更结实、更不易生锈的原料，喷气式发动机则使用更耐高温和高压的原料来提

高燃烧效率。

近年来，飞机用原料的进步日新月异，通过改质达到高强度的超耐热合金、钛合金、铝合金，以及以CFRP为代表的复合材料的应用不断增加。这些新原料无一例外，都难以进行切削加工，切削刀具制造商与飞机及机床制造商合作，为了实现高效率、高品质、高精度的加工，正在坚持不懈地进行着研发。



机体

CFRP主翼
开孔加工

CVD金刚石
涂层钻头

起落架

钛合金梁
孔加工

刀头更换式
立铣刀

难切削材料车削加工用刀片

喷气式发动机

超耐热合金轮盘
外径、端面、内径加工

特辑

竞逐世界的天空

与飞机产业携手飞向世界 三菱综合材料的全球网络

在全球航线飞机订单需求充足的大背景下，民用飞机产业呈现出了一片繁荣景象。三菱综合材料为了向客户提供更专业、更高水准的产品和服务，于2016年秋季设立

了航空航天部。并以日本为基点，在欧洲和美国配置专职人员，构建起了能快速、细致地作出回应的体制。还通过与设在日欧亚的6所技术中心、日本国内外的大学及参

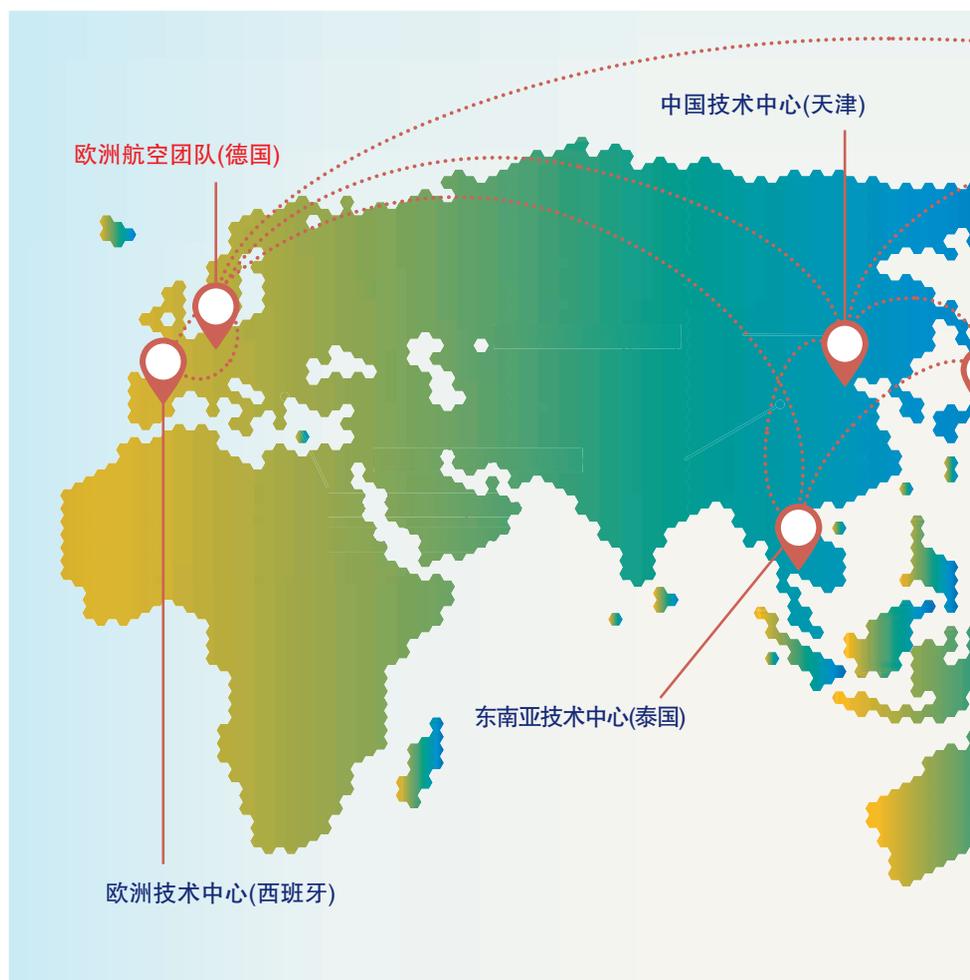
与飞机制造的研究机构密切合作，着力创造具有革命性的切削加工技术。

EUROPE

以跨越国境的团队协作向 飞机产业推进

本公司在欧洲各地及俄罗斯、土耳其设有销售事务所，在西班牙设有技术中心(M-VEC)和切削刀具制造网点。在担负销售战略的MMC HARTMETALL GmbH(德国)内成立的欧洲航空团队与英国、法国、意大利、西班牙及其他各国的技术人员随时保持合作，向飞机相关制造商提供最新的解决方案。

并于2014年加入了英国的先进制造研究中心/AMRC(Advanced Manufacturing Research Centre)。AMRC担负着研发并测试新一代制造技术的职责，成员包括多家航空航天产业领域的世界级制造商，本公司在许多项目中都赢得了高度评价。并且连续参加了隔年交错举办的世界最大级别的飞机相关展会——巴黎航展(法国)和范堡罗航展(英国)。



三菱综合材料 加工事业公司
航空航天部部长 长田晃

三菱综合材料的解决方案

设立航空航天部的目的，是要向每一位飞机产业的客户，快速提供最佳解决方案(产品和服务)。设立半年以来，我们再次切身感受到了客户对于专业性、技术、品质和速度的要求之高。虽然尚处于发展阶段，但我们坚信，通过共同思考、解决课题，我们将会成长为全世界客户所信

赖的“您的、世界的、综合工具工坊”，三菱综合材料的解决方案能够为飞机产业的发展作出贡献。航空航天部将会奋力跃向世界的天空，对于我们未来的进化与挑战，还请大家拭目以待。

JAPAN

从日本飞向世界的切削加工专业精英团队

航空航天部在总公司(东京)的指引下,在日本国内各网点有效配置营销、开发、设计、试制等必不可少的功能,快速而准确地回应着日欧美,以及突飞猛进的亚洲客户的要求。

加工技术中心(大宫)和今年6月开设的中部技术中心(岐阜)备有5轴机床、复合机床等最新机床及测量和分析设备,能够开

展各种切削加工试验。工作人员与全世界的技术中心实现有机协作,日复一日地磨练着彼此的专业技术。

而且还积极与大学接触,对于得到经济产业省的支持,在东京大学生产技术研究所内设立的CMI(Collaborative Research Centre for Manufacturing Innovation),也是从2013年开设之初就参与策划。与这些研究机构、机

床制造商,以及本公司中央研究所(那珂)合作追求技术的举措,将会孕育出具有独创性和高性能的切削刀具。

航空航天部作为提高客户生产效率必不可少、值得信赖的最佳伙伴,将会与飞机产业一道,向全世界振翅飞翔。



U.S.A.

在飞机产业强国发挥高度的专业性

飞机是美国的代表产业之一。遍布全美各地的大小制造商形成了巨大的市场。

三菱综合材料U.S.A.将总公司设在洛杉矶,营销部门和技术中心(CTC)设在芝加哥,而且在邻州拥有2个切削刀具制造网点,以此来回应客户的需求。

近年来,钛合金和铝合金大型结构部件对于高效率加工的需求与日俱增,北美航空团队运用高水平专业知识,为客户及时提供吸引力十足且极其有效的解决方案。本公司通过广泛的全球网络,能快速对飞机制造商遍布北美乃至全球的各个网点作出回应。在新一代切削加工技术方面,也在与专业研究机构进行合作。

与客户谈判

设计刀具

试制刀具

切削试验

交付试制刀具



在提出解决方案的同时进行报价



确定规格和目标性能



特辑

竞逐世界的天空

飞机与汽车产业的核心 中部地区 迎来技术中心!

中部技术中心设在三菱综合材料岐阜制作所内，总投资额约为15亿日元。这里提供CAD/CAM/CAE支持、运用各式机床的切削试验、充实的技术支持、当今热门的切削研究会等吸引力十足的解决方案，体现出了三菱综合材料的品牌口号“您的、世界的、综合工具工坊”。下面就对这座设施进行介绍。

作为面向客户的技术支持网点，三菱综合材料在全球共设有5所技术中心，其中日本国内设有1所(埼玉县埼玉市大宫区)，海外则在美国、西班牙、中国、泰国设有4所。这一次，通过新设中部技术中心，在日本国内形成埼玉县(东日本)和岐阜县(中部)双网点体制，除飞机产业、汽车产业聚集的中部圈外，还能广泛覆盖西日本的客户。

大宫的加工技术中心积极运用最尖端设备和前所未有的新工件材料，正在与客户合作，大力推进新一代切削加工技术的开发。另一方面，本次在岐阜新设立的中部技术中心，将会设置比大宫更多的设备，以过去积累的丰富知识、技术诀窍为基础，向更多的客户提供充实的技术服务。

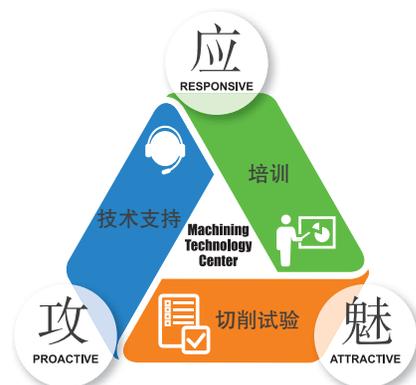
中部技术中心引进了高精度加工中心、复合机床、自动机床等规格各异的10余台最新机床。从客户实际切削的部件的形状和材质，到现在使用的机床，能够以最接近客户加工现场的条件，来进行CAE分析和CAM模拟。除提供实际切削最终产品的最佳加工方法外，还能通过模拟和实际的加工试验，对客户所要求的各种加工条件进行验证，在客户的见证下，将加工试验的结果呈现在眼前。并且以标准刀具难以解决的加工和满足更精细需求的加工为对象，一并提供特殊刀具的开发及试刀支持。

三菱综合材料将会以加工技术中心及中部技术中心为基点，与世界各地的技术中心密切合作，随时随地向全世界快速提供立足于客户视角的解决方案。不仅要与客户，还要与大学和研究机构携手，积极推进开放式创新，研究并开发着眼于未来的加工技术。另外，加工技术中心从2016年6月开始举办传授各领域技术的“切削研究会”，涉及的内容包括切削理论的基础到应用、刀具损伤改善、排忧解难、使用各种测量和分析装置改善生产线等。今后，中部技术中心也将开展相同的服务，提供向客户的技术人员

系统传授最尖端加工技术、加工技术诀窍的人才培养平台。

与客户共同思考、创新、分享感动，向每一位客户提供相应的最佳解决方案和服务，引导其事业走向成功。三菱综合材料作为生产制造的专家，今后也将继续努力，力争成为客户愿意选择的综合工具工坊。

■ 技术中心的职能



MACHINE ROOM



SEMINAR ROOM / RECEPTION ROOM



ENTRANCE



特辑

竞逐世界的天空

FOCUS on PERFORMANCE

IHI 相马第二工厂

以飞机发动机持续增产为目标向确立新生产技术发起挑战

株式会社IHI的相马第二工厂生产3,500余种部件,其中包括轮盘、整体叶盘、齿轮等飞机发动机部件。厂内拥有700多台设备,通过运用共计10万多种制造工序,实现了多品种少量生产。这一次,我们探访了支撑全球飞机产业的最尖端切削加工的现场。

作为日本飞机发动机生产的领头羊

株式会社IHI在“资源、能源、环境”、“社会基础、海洋”、“工业系统、通用机械”、“航空、航天、防卫”4个领域开展事业。其中,航空航天事业承担着日本60~70%的飞机发动机生产,支撑着全世界的

空中交通。而且,作为总承包商,日本防卫省所使用的飞机,发动机几乎全部出自其手。IHI还参与小型到大型等各种民用飞机发动机的国际合作开发事业,负责模块和部件的开发、制造,以及供应。并且将

开发、制造发动机所积累的技术诀窍运用于维护及保养事业,接受海外航线的保养委托等,赢得了众多客户的高度评价。

配备最先进设备的相马第二工厂

IHI在吴第二工厂(广岛县吴市)、瑞穗工厂(东京都瑞穗町)、相马第一和第二工厂(福岛县相马市)4座工厂,进行飞机发动

机部件的生产以及组装、保养。其中规模最大的IHI相马工厂,位于相马市大野台的丘陵地区,这里与福岛县的太平洋海岸相

隔10km,平缓的山丘连绵不断。

相马第一工厂通过接管田无工厂(东京都西东京市)的部分功能,作为航空航天事业本部的第4个生产网点,于1998年成立,负责飞机发动机部件等的加工。之后,相马第二工厂于2006年全面接管了田无工厂的剩余部分。相马工厂充分利用宽敞的空间,沿着厂房的房梁铺设向各设备输送的电气线路和压缩空气管路。可以自由地调整设备布局,灵活应对需求的增减。工厂内非常干净,没有切削油的气味,为广大操作员工提供了舒适的作业环境。





航空、航天、防卫事业领域 生产中心 相马第二工厂
生产技术部长 高桥良二



同事业领域 同中心 同工厂 同技术部 技术负责人 安藤正惠



同事业领域 同中心 同工厂 同技术部 主任 冈田初雄

飞机发动机部件制造的博大精深、 对于确立新切削加工技术的执着

飞机的需求在今后将会稳步增长，而另一方面，环保飞机发动机的需求也有所攀升。在这种背景下，大量生产低压涡轮部件等产品的相马第二工厂是如何开展制造的呢？该厂生产技术部部长高桥良二、主任冈田初雄、技术负责人安藤正惠3人，就最新的切削加工现场的情况接受了采访。

—贵公司赢得高份额依靠的是哪些优势？

高桥 本公司在飞机发动机部件的生产及组装方面拥有丰富的经验和技術诀窍。特别是在轴和低压涡轮部件方面赢得了众多客户的信赖，令我们感到非常自豪。我们的事业是由面向防卫省的事业发展而来，近年来，面向民间企业的销售比率不断上升。而且，从制造技术的角度来说，我们是少数拥有能完整制造发动机的大量技术和技能的企业之一。

—请介绍一下飞机部件制造的深奥之处。

高桥 飞机的发动机使用许多重量轻而且强度高，也就是难以进行切削加工的原料。飞机发动机部件对于加工精度的要求，都是以0.01mm为单位。达到如此苛刻的品质，靠的是将管理贯彻到细节的制造规则。发动机的开发需要经过长期、大量的加工试验和刀具性能评估等，制造工序才能最终固定下来。也就是说，刀具

一经确定，就不能轻易变更。当然，如果有望大幅提高生产效率，就有足够的价值，让制造商不惜调整工序来变更刀具，但这需要遵循严格的步骤。必须要按照规定的工序变更步骤逐步进行，重新接受严格的审查并获得批准，实际上并没有说起来那么简单。从这个意义上来说，能否在量产之前构建出可以进行高精度加工、生产效率高的制造工序，是我们生产技术部门存在的价值。

—请介绍一下近几年飞机发动机部件加工的现状。

冈田 近几年来，为了尽可能延长续航距

离，燃烧佳、高性能的新一代飞机的开发进行地如火如荼。这种飞机所搭载的发动机，除了使用高温耐久性更好的新原料，还需要进一步减轻重量。

高桥 因此最近10年左右，复合材料开始被大量运用。要想在降低航运成本的同时，减少CO₂排放，就要尽可能改善燃烧。因此，轻盈结实的碳纤维强化塑料(CFRP)和陶瓷基复合材料(CMC)的使用比率越来越高。另一方面，以往使用的金属也依然有需求，旨在进一步提高强度的合金开发也从未间断。原料的强度增加，可以相应地减薄板厚，实现轻量化，从而改善燃烧，





(左)三菱综合材料 加工事业公司 营业本部 仙台营业所 寺岛幸史朗

但无论是复合材料,还是高强度合金,切削加工的难度都在逐年增大(笑)。而且,今后飞机的需求大幅增加,意味着会有相应数量的飞机在航行,从环境负荷的角度来看,相关基准估计也会越来越严格。

一原料的进化与切削加工技术的发展有怎样的关系?

高桥 轻量化的效果非常显著,比如说,如果旋转部件全部实现轻量化,轴承和其他静止部件也可以降低强度,实现轻量化。整台发动机的重量越来越轻,能够大幅改善燃耗,有望产生巨大的经济效应。而且还能同时减轻对于环境的负荷,有百利而无一弊。然而多数情况下,原料强度增大,会使切削加工变得困难。就算制造出再好的原料,如果加工技术跟不上,产业也不会发展。切削刀具及使用刀具的加工技术都必须都达到高水平,轻量化才能得以实现。

安藤 最近几年,飞机部件使用的原料必然是难切削材料,而且价格非常昂贵。因此,为了使刀具在加工中发生破损也不会伤及产品,还必须要思考相应的加工方法。除了研究“如何在降低加工成本的同时提

供高品质产品”这一基本课题外,还必须竭尽所能,使加工中产生的任何问题都不会影响到产品。

冈田 考虑到原料还会继续进化,今后说不定会出现以现有的切削加工根本处理不了的原料。切削加工即使还存在,与激光加工、放电加工等其他加工方法并用的方式也可能已经实现了普及。到那个时候,切削刀具的形态说不定会与现在完全不同。

一对于切削加工技术的进化,生产技术是如何跟进的?

冈田 举一个最近的例子,为了适应需求扩大的飞机发动机的增产,我们需要大幅提高一种叫作轮盘的部件的生产效率。特别是燕尾槽部(※用于在轮盘上安装叶片的嵌合部位)的加工,过去是通过拉削加工制造,但拉床本身的价格非常昂贵,刀具的交货期也比较长。而且,拉削属于低切深的切削加工,很难大幅提高生产效率,因此我们开始寻找与传统制造方法完全不同的方法。首先尝试通过铣削加工,来进行燕尾槽部的粗加工,用了大约2年时间才初现

成效。变更为铣削加工的优点首先是刀具供应稳定,而且容易改善形状和材料,其生产效率其实原本就高于拉削方式的切削加工。但也存在缺点。按加工数量对应的净刀具费用计算,拉削通常要比铣削加工便宜。也就是说,铣削加工必须压缩总刀具费用才能达成目标,这需要改进刀具路径,尽量减少使用的刀具数量,并尽可能延长每把刀具的寿命。从拉削加工到铣削加工的工序调整是史无前例的挑战,遇到的困难多如牛毛,但本公司的年轻员工们以百折不挠的精神坚持了下来。最开始的时候,只要进行加工试验,刀具就会折断,令本公司的相关人员屡屡受挫,脑海中闪过“是不是该放弃”的念头,但我们与三菱综合材料合作,通过踏实的努力,构想出各种加工方法,对大量的试制刀具进行了评估。双方技术人员“不到最后绝不罢休”的执着精神最终结出了硕果。





“世界第一加工”、“世界第一工厂”是我们的追求

制造优秀的发动机，等同于对高精度化和轻量化的极致追求。提高部件精度可以降低能源损耗，轻量化可以提高发动机单位重量的输出功率。而且有助于改善环保性能，例如低油耗、低噪音、低排量等，掌握其关键的无疑是原料的进化。对于耐热性更好，而且更结实、更轻的原料，切削加工技术必须始终追随其进化的步伐。相马第二工厂的使命，是要以这样的先进切削加工技术为基础，不断地创造出新产品。

最后，谈到对今后的展望，生产技术部长高桥这样说道：“最近几年，民用飞机发动机在本公司的销售额中占比越来越高，其开发有着特殊的商业模式。那就是开发项

目国际合作。民用飞机发动机的开发需要漫长的时间和庞大的资金，由各领域顶尖企业合作的国际共同开发成为了主流。各个合作伙伴根据出资比例承担开发费用，分担事业风险。而且，合作伙伴要统一构建长期性、战略性的合作关系，各公司按照其分担的部件集群，分别负责相应部件的制造、技术开发、产品支持、售后服务(配件、发动机维修服务)等。具备几乎能够制造全套飞机发动机部件的技术诀窍，是IHI的一大优势，通过与合作伙伴进行交涉，分担的领域稳步扩展到了涡轮部件、轴、压缩机部件、风扇部件。通过将分担的这些部件培养成为本公司的事业强

项，向全球范围内的同行发起挑战。

今后也要以‘世界第一工厂’的口号为引导，追求包括切削加工技术在内的制造技术、品质管理技术，让世界级的制造实力更上一层楼。想到通过这样的努力，搭载IHI制造的发动机，其他部件也全部产自日本的“ALL MADE IN JAPAN”民用飞机终有一天会飞上天空，我就觉得非常激动。对于在日本从事飞机开发和制造的人来说，这应该是大家想要实现的共同梦想吧。”从相马飞向世界的天空。IHI相马第二工厂向世界第一发起的挑战还在继续。



HISTORY OF MITSUBISHI

第 5 辑

位于东京都心的加工事业之乡

东京 制作所

本公司的加工事业始于1931年上市的硬质合金刀具“Tridia”。作为其诞生与历史发展的中心，东京制作所坐落于东京都心一隅，这在当时的工厂中十分罕见。从二战前后到经济高速增长时期、泡沫经济，这里见证着动荡的时代变迁，奠定了作为日本硬质合金制造商的基础。

硬质合金加工的起航

从东急大井町线的下神明站步行几分钟。现在的“品川中央公园”里，处处回荡着孩子们追跑打闹的欢声笑语。如今的东京都心已是高楼林立，而直到25年之前，本公司的东京制作所还设在这里。距今约100年前。就在这里，本公司的硬质合金事业呱呱坠地，拉开了日本硬质合金加工发展的序幕。契机要追溯到1916年(大正5年)。在时任三菱合资会社社长的岩崎小弥太的倡议下，日本第一家由民间企业开设的研究机构“三菱合资会社查业部内矿业研究所(现在的三菱综合材料中央研究所)”在此地成立。该研究所率先着手钨的相关研究，于1923年(大正12年)启动了硬质合金的研究。1926年(大正15年)，德国克虏伯公司推出了世界首创的硬质合金

刀具“Widia”。在其惊人的切削性能的触动下，世界各国都加快了对于硬质合金的研究。矿业研究所当时的研究员也在1927年(昭和2年)赴英国留学的时候亲眼目睹“Widia”的切削演示并为之所震撼。怀着对硬质合金未来的信心，本公司加快了研究所的开发速度。但当时硬质合金的开发还面临重重课题，迟迟没有成果。直到启动研究约8年后的1931年(昭和6年)，才得以进入制造阶段。终于以“Tridia”的名称投放了市场。当时，公司已决定将矿业研究所整体迁往大宫，刚开始步入轨道的硬质合金开发事业便作为“大井分所”单独留了下来。

挺过战争的摧残

1939年(昭和14年)，第二次世界大

打响后，其影响日益加剧。当时，在接连赶制硬质合金和司太立合金等军需品、员工相继奔赴战场的情况下，工厂勉强维持着生产。1943年(昭和18年)，随着硬质合金月产量突破1吨、司太立合金突破3吨，该所以“东京金属工业所”的名称，从矿业研究所中独立了出来。在东京开始遭受空袭的时候，该工业所被指定为国家重要工厂。到1944年(昭和19年)，尽管工厂也饱经战火摧残，但员工们拼命保住了设备。二战结束后，该工业所被指定为赔偿工厂，面临全数充公的危险，经过时任经营层的苦心斡旋，才总算逃过一劫。在历尽重重苦难之后，终于恢复了生产。但是，在战前已经迈上轨道的硬质合金事业也受到时代的影响，产品无人问津，经营很快陷入了严重低迷。经营方建议部分压缩工厂和人员，工会方则坚持“哪怕部分压缩裁掉一个人，



创立之初的矿业研究所。硬质合金的研究始于这栋建筑。



经济高速增长时期(1960年左右)的大井工厂



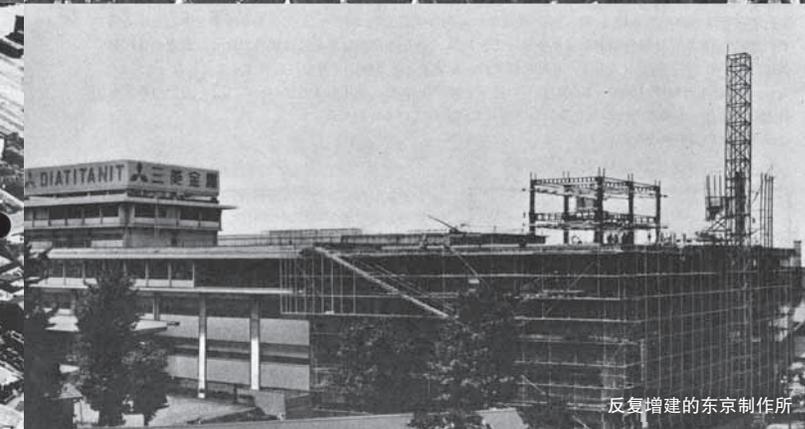
迁往筑波制作所之前(1986年左右)的东京制作所



1937年(昭和12年)拍摄的纪念照



为迎接大增产而建设的6层新楼



反复增建的东京制作所



通过CAD操作进行作业的景象



刀具设计作业的景象



旧址成为了现在的“品川中央公园”

也要关厂”。最终，在1948年(昭和23年)10月31日，几乎全部员工都选择了暂时离职。但大家都坚信“总有一天，一定能一起重振企业”，只留下了最少的人员来维系工厂和保存技术。当时，他们一边稳步开发欧美开始使用的矿山用钻头，一边寻觅东山再起的机会。所幸没过多久便得偿所愿，工厂于同年12月重新开业。离职人员也马上回归，全员燃起了重建工厂的热情。

不受泡沫经济影响，实现经济高速增长

1952年(昭和27年)，该工业所更名为“三菱金属矿业大井工厂”。1955年(昭和30年)，日本迎来经济高速增长时期，工厂在二战后第一次实现了盈利。之后历经一次又一次增产，在1967年(昭和42年)上半年到次年上半年期间，工厂利润连续3个季度蝉

联公司No.1，成长为支撑整个公司的支柱产业。1969年(昭和44年)，出于对“仅凭大井自己也许能成为日本第一，但成为不了世界第一”的判断，公司又设立了岐阜工厂。1970年(昭和45年)，大井工厂更名为“三菱金属东京制作所”。Tridia诞生约35年，在这个值得纪念的时间节点，本公司下定了决心，要让硬质金属事业正式走向世界。

传承至今的东京制作所DNA

“三菱金属矿业大井工厂”作为“三菱金属东京制作所”重获新生，本公司的硬质金属事业愈发地蒸蒸日上，然而，过快的增长反而成为了阻碍。面对瞬间骤增的需求，公司渐渐失去了应对能力，顾客服务能力、开发能力等也开始下滑。因为建在市区，工厂的厂房难以扩建，出于对员工福利

待遇的考虑，永远留在这里扩大事业也绝非易事。为打破这一局面，茨城县筑波研究学园都市近郊的结城郡石下町(现在的常总市)成为了东京制作所的新址候选。并且于1992年(平成4年)3月正式迁往筑波制作所。东京制作所的历史落下了帷幕。从二战前到现在，陪伴公司度过动荡时代的“挑战精神”、“自力更生的精神”，正可谓东京制作所的DNA。筑波制作所，以及全体员工，都切实继承了这一DNA。自1931年(昭和6年)以“Tridia”的名称投产并销售硬质合金刀具起，已经过去了85年的岁月。过去的85年，是新的百年的开始。为了实现更大的飞跃，我们将继续前行。

东京制作所

TECHNOLOGY ARCHIVE

东丽

通过原料 改变世界， CFRP半个世纪的历史

期待用新原料制
造的飞机翱翔蓝
天的那一天

比铝轻、比铁强。支撑新一代产品制造的新原料CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics：碳纤维增强塑料)以民用中型喷气式客机为中心，作为主要结构构件得到了广泛运用。碳纤维作为CFRP的原材料，日本开始对其进行研究始于1960年代初期。东丽株式会社ACM技术部航空航天技术室室长野田俊作与主席部员大鼓宽，就长达半个世纪的碳纤维及CFRP开发历史接受了采访。

CLOSE UP

何谓CFRP

由碳纤维与树脂组合制成的复合材料。像这样通过使用多种材料，实现单体得不到的特性的材料，叫作“复合材料”。用作飞机构件的东丽卡®预浸料，是将24,000根约5 μ m粗的碳纤维单纱合为一束，织成片状后浸润环氧树脂等热硬化性树脂制成。通过堆叠这种片材使其硬化，可以发挥出碳纤维所具备的高强度和弹性模量。

CFRP特点是性能会因碳纤维的量、配置(纱线的方向、预浸料的叠层结构)等发生巨大变化，通过根据用途

合理进行设计，能发挥出各种各样的特性。

〈CFRP的特点〉

- 比重约为1.7,重量仅为铁的约4分之1。
- 高强度纱线的最大拉伸强度约为7Gpa。
- 高弹性模量纱线的拉伸弹性模量最大约为630Gpa。
- 除此之外，还具备尺寸稳定性、减振性、高导热系数、非磁性、耐腐蚀性、高疲劳强度等特点。

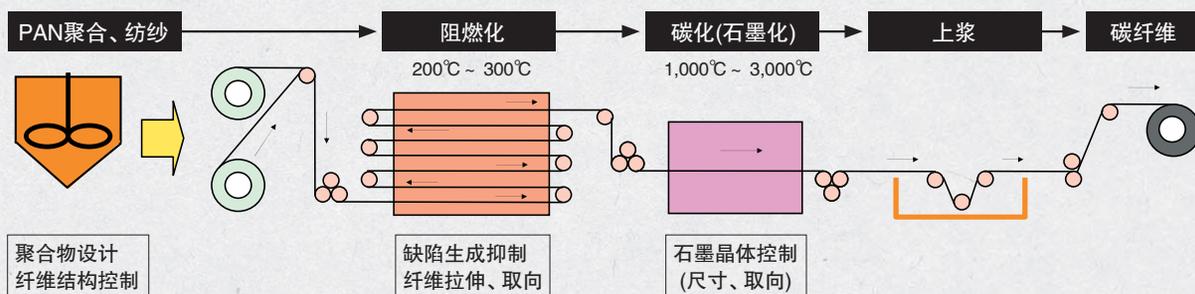
〈碳纤维的制造工序〉

PAN碳纤维的制造工序由以下4道工序组成。

- 1)聚合PAN,使用纺纱机挤压纺纱。
- 2)对制成的纱线实施热处理,使其阻燃化(氧化)。
- 3)再实施热处理,使其碳化。
- 4)最后实施表面处理,碳纤维完成。

直径7 μ m

〈制造工序与追求极限的核心技术〉



Part

1 1950 ~

碳纤维的诞生与研发的开端

碳纤维诞生的起源，要追溯到19世纪末托马斯·爱迪生和约瑟夫·斯旺发明的灯泡。这只灯泡使用的是竹丝烧制而成的灯丝，这正是世界上最初的碳纤维。之后，随着灯泡开始使用钨灯丝，碳纤维渐渐地被遗忘。直到半个世纪之后的1950年代，才重新受到关注。作为要求高耐热性的火箭喷射口的最佳材料，碳纤维的研发在美国进展迅速。

另一方面，在日本，大阪工业技术试

验所的进藤昭男博士于1959年发明了通过碳化PAN(聚丙烯腈)纤维制造碳纤维的方法。以此为契机，日本国内也开始推进碳纤维的研发和产品化。碳纤维具有优异的强度特性，最适合作为复合材料的高性能原料。1967年，世界著名的飞机发动机制造商劳斯莱斯公司宣布将采用CFRP制造喷气式发动机。几乎同时，东丽也正式启动了使用腈纶纤维“TORAYLON”的碳纤维开发，并于1970年从进藤博士手中获

得了专利的使用许可。一般来说，企业基本上是根据自身产品未来的市场前景和销售预测来进行经营，当时的东丽非常看好使用碳纤维的CFRP这种新原料的未来，首先断定完善生产体制的重要性，实施了在当今时代几乎难以想象的大胆投资。

2 1971~ 在用途尚不明确的情况下投入生产

在接下来的1971年，东丽将PAN高强度碳纤维“东丽卡®T300”投产并开始销售。在当时，碳纤维尽管作为新一代的新原料开始受到关注，但还没有明确的用途。就在此时，东丽决定建设当时世界最大、年产能高达12吨的工厂。在经营层英明决断的背后，是“只要本质过硬，终有一天必将被认可”的坚定信念。而且经营层还有一个梦想：“终有一天要让(由使用黑色碳纤维的CFRP制成的)黑色飞机在空中翱翔”。就在那个时候，劳斯莱斯公司使用CFRP制造飞机喷气式发动机出师不利，以失败而告终。

而使用东丽碳纤维的第一款市售产

品，则是1972年上市的香鱼竿。其重量仅为以往产品的2分之1，减重带来的良好操作性备受好评，尽管价格高昂，依然得到了市场接受。同年，职业高尔夫球手盖伊·布鲁尔使用CFRP制成的黑柄高尔夫球杆，夺得了太平洋大师赛的冠军。其知名度一炮打响，引得众多高尔夫球手蜂拥求购。之后CFRP还被用于网球拍，渐渐渗透到了世界的每一个角落。但是，由于用途是以娱乐、体育为主，作为面向一般工业产品的原料，流通量还微不足道。

在这样的情况下，1975年出现了转机。受到1973年石油危机的冲击，以降低燃料消耗为目标的机体轻量化化成为了各大飞

机制造商最重要的课题，对航空安全基本不构成影响的次要构件开始采用CFRP。在这个瞬间，东丽终于达成了“将CFRP用作飞机构件”的夙愿。之后，除波音公司外，空客公司也开始采用CFRP作为飞机构件，1988年，东丽卡®的碳纤维累计产量超过了10,000吨。当时，英美等海外原料制造商都认定CFRP事业无利可图，接二连三地退出了市场。但以东丽为首，从长期发展的视角传承技术的日本企业，则继续开发并制造使用高性能碳纤维的CFRP，到2010年，日本的碳纤维制造商终于囊括了全球约7成的份额。

3 1990~ 作为飞机结构材料扩大应用

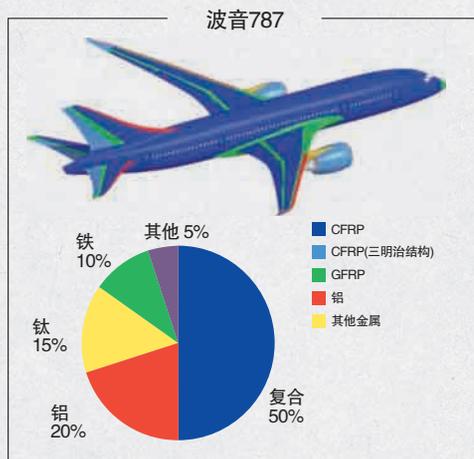
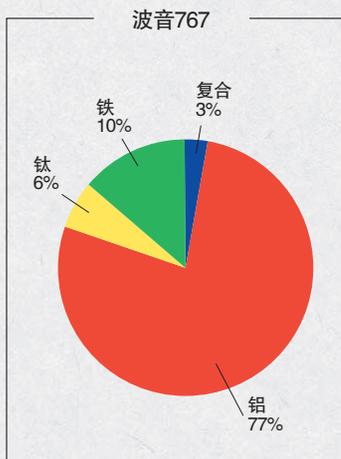
1990年，碳纤维结合环氧树脂的东丽卡®预浸料(片状CFRP)成为波音公司制造飞机主体的主要结构材料(直接影响航空

安全的重要构件)，CFRP作为高度可靠的高性能材料获得了权威认可。作为碳纤维与树脂的复合材料，CFRP的特点是重量

轻，约为铁的4分之1，而拉伸强度是铁的10倍以上、疲劳特性优异，且可实现多种形状的成形。优势明显。

在2003年启动的波音787项目中，CFRP作为飞机的主要构件，占到了机身和主翼等机体重量的约50%，其地位已不可动摇。2006年，东丽与波音公司之间针对CFRP的供应签订长期综合合同，在2021年之前，将持续向其供应主要构件。

	波音767	波音787
机身	铝	CFRP
主翼	铝	CFRP
尾翼	铝	CFRP
襟翼	CFRP	CFRP



4

2010~

产业用途 扩大, 迎来快速增长

进入2010年代,世界的CFRP需求急剧增长。除了以往体育用途、飞机用途, 还开始应用于各种产业门类, 例如: 风力发电机叶片; 车顶、发动机盖和传动轴等汽车部件; 天然气汽车和燃料电池汽车的气瓶; 液晶基板搬运用的机械牙叉; 高速列车车体; 计算机箱体等。

在东丽各项事业的基本战略中, 碳纤维综合事业被定位为战略拓展事业。瞄准在汽车、飞机、新能源等成长产业中需求的扩大, 正在重点投入经营资源。2020年将在北美继续追加投资, 扩大在当地的事业。

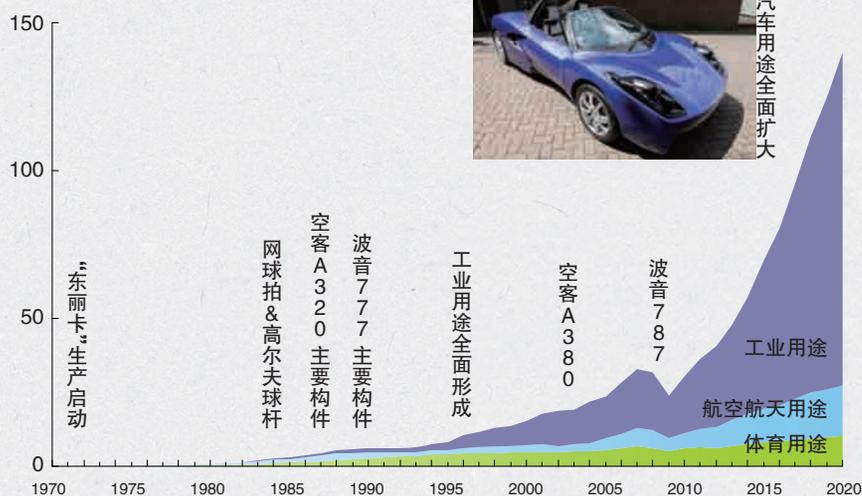
从技术上来说, 碳纤维的强度目前仅为理论值的10分之1左右, 还有充足的余地来提高强度。而且, 由于其价格高昂, 目前很难对市场形成渗透。但是, 随着今后汽车部件用途的不断增加, 到那时, 量产效应有望大幅压低成本, 在不久的将来, 需求可能会出现井喷。

从东丽在全世界率先启动碳纤维的商业生产算起, 至今已过去了46年。哪怕历经漫长岁月, 也要坚持不懈地拼搏, 直到斩获稳固的市场。在这一过程的背后, 东丽依靠的是什么? 答案是“长期坚持”

的企业理念, 这一理念脱胎于经营层“要让CFRP制成的黑色飞机在空中翱翔”的坚定信念, 可以说是东丽的企业文化。历经千辛万苦才破茧而出的CFRP, 必将成为支撑世界工业发展的最尖端高性能材料, 在今后实现更大的进化。

碳纤维需求动向

(千吨/年)



回顾CFRP的历史

野田 原料相关工作的成就感, 在于看到自己开发的产品推动世界向好的方向转变, 例如应用于飞机, 为降低燃耗作出贡献等。本公司的前辈们长年累月、坚持不懈孕育出的CFRP, 如今已经成为了东丽的战略拓展事业。我们的职责, 是要让这项事业取得更大的飞跃, 成为未来的核心事业。相比金属材料的成熟, 以碳纤维为基础的复合材料无论是在种类、数量, 还

是应用领域, 都还有很多未知的部分。我们要相信其无限的可能性, 为推动世界向好的方向转变而创造契机。

大鼓 也许是因为小时候热爱飞机, 不知不觉就从事上了与飞机和火箭相关的工作。作为研发人员, 我最大的梦想是亲自坐上用自己设计的原料制造的飞机。当时用于波音787的CFRP, 归根结底是前辈们

在挑大梁, 自己只是间接参与。到10年之后, 我要坐上用自己发明的原料制造的飞机。为了实现这个梦想, 我每天都在努力工作。



东丽株式会社 ACM技术部 航空航天技术室
(左)室长 野田俊作 (右)首席部员 大鼓宽



CRAFTSMAN STORY

Vol.6

柳田 一也
1997年进入航空航天部岐阜航空组

山本 匡
2008年进入航空航天部岐阜航空组

CFRP加工用钻头 “MC系列产品”

挑战未知的新原料

CFRP不同于一般的金属，是由碳纤维和树脂制成的新原料，自2011年波音787首航以来，作为机身和主翼等的原料，其采用率不断攀升。这种新原料需要采用与以往完全不同的切削加工方法，下面就让我们来听听直面这一挑战的航空航天部岐阜航空组的开发人员是怎么说的。



CFRP的开孔加工有什么特殊现象?

一首先请介绍一下开发的背景。

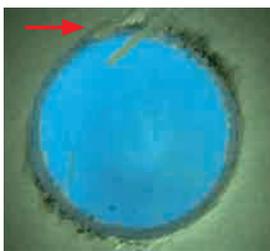
柳田 本公司从十几年前就开始向加工飞机部件的客户供应CFRP开孔钻头,通过长年合作,一点一点地反复进行了改进。我们希望积累在这些举措中培育的技术诀窍,提供能全面覆盖各种CFRP的广泛解决方案。CFRP的结构为碳纤维层与热硬化树脂层交错排列。重量只有铁的约1/4,强度却是其10倍,而且具备耐腐蚀性、耐热性、高刚性等特性。但也存在碳纤维层硬而脆、树脂太软易发生弹性变形的特点。

山本 因此,其加工现象与金属加工存在根本性的差异。CFRP开孔加工的代表性问题是“未切割纤维(未切断的纤维)”、叠层结构所导致的“分层(表层及层间剥离)”,以及在CFRP与金属的叠层材料(叠板加工)中产生的“背镗”等。本次项目的目的,是要重点针对CFRP特有的这些开孔加工现象,彻底找出问题发生的技术机理。

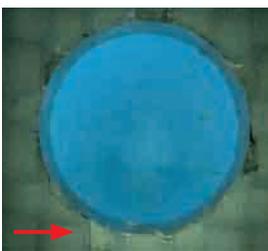
柳田 用于飞机部件的CFRP有使用热硬化性和热可塑性树脂的类型,CFRP在叠加铝和钛的加强筋后,可以得到2种叠层材料。加工方法也大致分为2种,分别是使用加工中心等设备的机械加工,以及手动进给的人工加工。对于不同的材料和加工方法,很难用1种钻头来满足所有情况。为此,我们这次开发出按照用途优化了形状和材质、共有7个种类的CFRP加工专用钻头“MC系列”,已于2017年4月上市销售。

■CFRP孔加工的问题事例

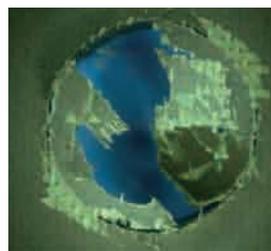
入口:未切割纤维



出口:分层



纤维破损



MCA采用抑制“背镗”的叠层材料专用沟槽设计

一请在7种产品中选取几个介绍一下。

柳田 今天介绍MCA和MCC两种。MCA是CFRP与铝的叠层材料的专用钻头。以大约10年前作为特殊品供应的CFRP加工用钻头为基础,大幅提高了性能。加工叠层材料时,碳纤维和铝这两种切削性不同的原料要使用同一个钻头,此时最大的问题是“背镗”现象。在钻头穿过CFRP层,切削铝层的过程中,铝的切屑会刮掉CFRP的部分壁面。这会导致CFRP层与铝层的孔径出现误差,为防止这一现象,我们在开发MCA的时候,对沟槽形状进行了全新设计。

山本 最注重的是钻头的槽宽设计。一般钻头的槽宽上下一致,但MCA的槽宽是从前端向根部逐渐加宽。先用细沟槽产生细小的切屑,然后将细小的切屑排入后面的大沟槽,以防干扰孔壁。可以说是专门用于叠层材料的沟槽设计。

柳田 这种叠层材料专用的沟槽设计,其实采用了本公司的现有产品——深孔加工用MWS钻头的技术。因为顺利排出切屑以提高孔壁品质,是叠层材料加工与深孔加工共同的课题。另外,MCA还

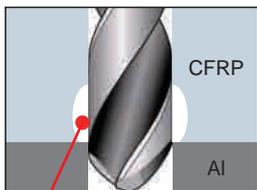
运用了本公司的另一种现有产品——汽车轮毂加工用MHE钻头的技术。MHE是在连接汽车的车轴和车轮的轮毂上开螺栓孔的钻头。汽车轮毂不仅对孔径的尺寸精度要求严格,对孔周边的表面质量也有非常高的要求。在进行加工时,要防止钻头与加工孔咬合的瞬间产生的切屑划伤轮毂表面。MHE通过在普通钻头的基础上缩窄槽宽,解决了这个问题。

山本 最终,MCA同时运用了MWS和MHE两种现有产品的技术诀窍。在开始开孔时故意生成细小的切屑,将其包裹在窄沟槽中,然后,切屑沿着逐渐变宽的沟槽排出,不与孔壁发生干扰。MCA可以说是超长钻头MWS的主体与轮毂钻头MHE的前端合二为一的新概念钻头。



MCA

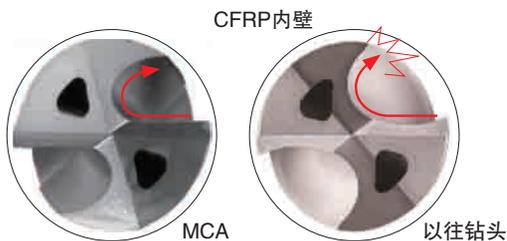
■何谓背镗



CFRP与金属的叠层材料在加工中产生的孔径差

■新沟槽形状

通过采用包覆切屑的沟槽形状,抑制切屑与CFRP孔壁接触,从而抑制背镗



切屑接触CFRP内壁,成为导致背镗的原因



■90度前角
前端为锐角,从加工开始即减少推力,
抑制了分层



MCC采用注重锋利度的正刃型

下面请介绍一下MCC的开发历程。

山本 MCC是用于CFRP单体的钻头。飞机部件领域不仅使用CFRP单体,也使用叠层材料,但汽车和风力发电等领域大多使用CFRP单体。其实我们的客户对于CFRP单体加工也有很高的需求,在薄板上开孔的事例特别常见。

柳田 在CFRP单体上开孔,最大的课题是抑制出口侧的“分层”。单体的出口侧不像叠层材料那样叠加了金属,不会发生“背镗”,但因为出口侧开放,所以没有面来承受钻头穿透CFRP层的瞬间产生的切削阻力。因此会出现出口侧的CFRP表层隆起并剥离的现象。

山本 为防止“分层”,MCC以最大限度提高锋利度、干净利落地切断CFRP的碳纤维为重,采用了减少切削阻力的形状。最注重的是刃尖形状。一般钻头刃尖的前角为负,通过重视耐缺损性来延长寿命,但负前角不能顺利切断坚硬的

碳纤维层。MCC利用本公司刀具材料优异的耐缺损性,增大了垂直于转轴的前角。锋利程度之高,用手直接接触切削刃就会割破。这样锋利的切削刃能一下子切断CFRP的碳纤维,不仅抑制出口侧的“分层”,还抑制了“未切割纤维”。而且,通过将前端角度设为90度,从加工开始就减少了推力,也有助于抑制“分层”。

一涂层有什么特点?

山本 CFRP的碳纤维具有优秀的机械性能,因此,即便是硬质合金制成的钻头,如果没有涂层,在开始切削的瞬间就会发生磨损。出于这个原因,为了提高耐磨损性,MCA、MCC采用了CVD金刚石涂层。

柳田 要想最大限度提高钻头前端切削刃的锋利度,除了刃尖形状,还必须考虑金刚石涂层晶粒的大小。本公司的新型CVD金刚石涂层晶粒非常细,对刃尖的附着性好,与以往的涂层相比,寿命约是其10倍。

一在开发中作出了怎样的努力?

山本 为了提高最注重的性能,也就是锋利度,除了对切削刃尖端进行刃尖处理,我们还对扭转角、前角、后角等钻头基本要素的最大极限进行了研究。为探明以怎样的角度组合,钻头才不会折断、崩裂,我们首先从测试极限开始做起。一般来说,按照常理,这些角度的数值越大,锋利度就越高,但硬质合金原则上属于脆性材料,从耐缺损性的观点出发,角度存在极限值。而且,由于其最终性能综合了钻头各个要素的影响,并且取决于钻头材料的组合,因此很多情况必须通过实际测试才能知晓。对于锋利度而言,前面所说的刃尖处理也非常重要。本公司的以往产品通过涂布前的处理,在刃尖留下了微小的凹凸。而MCC通过采用与以往产品完全不同的加工方法来处理刃尖,制造出了美观、均匀的刃尖棱线。通过改换新的刃尖处理,使锋利度和强度得以兼顾,在延长钻头寿命的同时,提高了孔的品质。

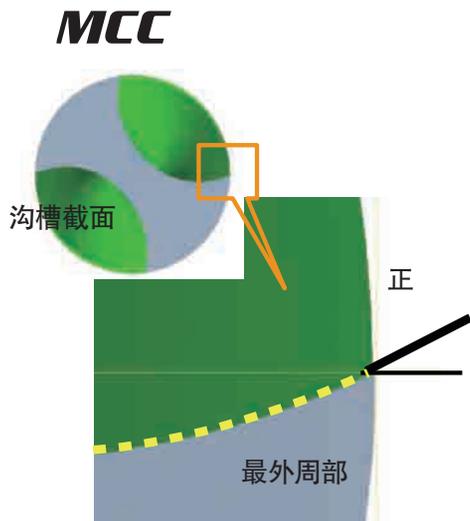
柳田 在MC系列的开发中,与奥地利维

■强力进刀槽

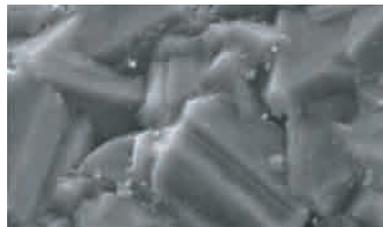
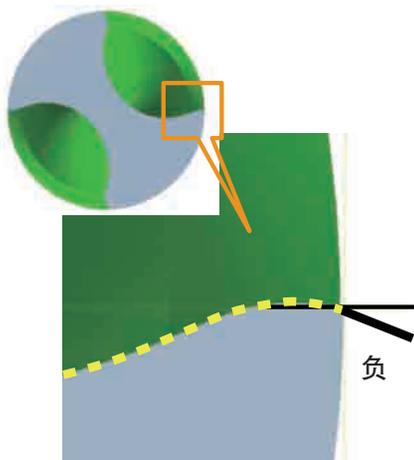
增大垂直于转轴的切削刃前角,
利用锋利的切削刃抑制未切割纤维和分层

■与CVD金刚石涂层膜表面比较

以独有的CVD金刚石涂层,实现优异耐磨损性和平滑性的兼顾



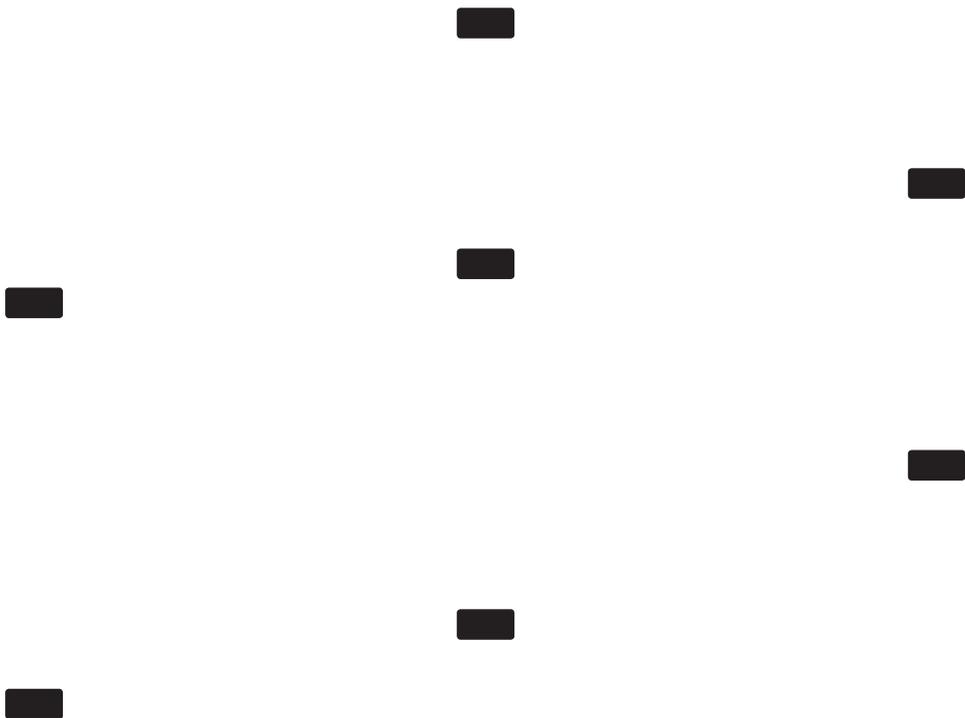
以往产品



以往产品



新涂层



SOLUTIONS FOR COMPOSITE

P713G

MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION

	CNC 	
 CFRP  CFRTP	MCC DD2105 	MCCH DT2030 
 CFRP AI	MCA DD2110 	MCAH DT2030 
 CFRP Ti	MCT TF15 	MCW HT10 



以材料及涂层开发 支撑飞机产业 的研究网点

ABOUT US

中央研究所
薄膜材料
研究部

三菱综合材料中央研究所薄膜材料研究部为大幅提高切削刀具的性能,正在着手研发新的材料和涂层。下面就来向您介绍最尖端的研发现场。

与部长对话!

大鹿 高岁
中央研究所
薄膜材料研究部 部长

要催生出前所未有的「魔球」
研究部全体人员团结一致,勇敢发起创造新价值的挑战,

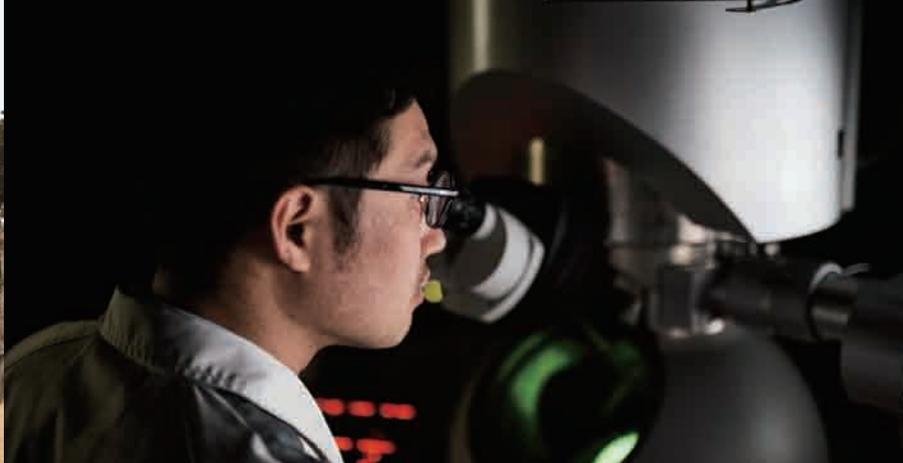
以高超的分析及评价技术为基础,
着手开展开创性的研发

三菱综合材料矿业研究所于1917年在品川成立,是日本的第一家民间研究机构。后迁往埼玉县大宫市(现在的埼玉市),于2007年在茨城县那珂市设立网点,同时设置大宫、小名滨、北本3个分所,作为中央研究所重新出发,在今年迎来了成立100周年。在中央研究所中,薄膜材料研究部的研究人员最多。他们通过对硬烧结材料、功能性涂层的成分、结构和表面等进行纳米级控制,使其表现前所未有的新功能,进行着新材料的开发。谈到中央研究所的优势,该研究部的部长大鹿高岁这样说道:“采用日本只有几台的分析设备等尖端设备,拥有大批能以高超技能充分发挥设备效能的研究人员,这应该就是我们的优势。而且,中央研究所除了我们之外,还有研究材料分析、电子材料等许多主题的9个研究部,使彼此各不相同的技术实现快速联动、应用的协同效应,正是三菱综合材料作为综合事业体所独有的优势。源源不断地孕

育出了世界最薄的温度检测传感器“柔性热敏电阻”等集不同事业的技术于一身的新产品”。

通过运用高耐磨损 Al_2O_3 层技术等先进技术,薄膜材料研究部开发出了适用于比现有产品大幅延长了寿命的铸铁车削加工用CVD涂层材料“UC5105/UC5115”等革新性产品的核心技术。“我们现在也在研究CFRP加工用PCD钻头的核心技术,基本的材料设计已经完成。而且还在同步推进CFRP加工用CVD金刚石涂层的研究,将争取早日应用于实际产品”。大鹿还表示,他们在积极挑战革新性的技术开发。“打个比方,将原料的颗粒缩小到某一大小后,涂层的强度增加到了2倍。但是,如果现在的装置不能加工更小的颗粒,就必须要对装置本身进行大幅改造。这就让我们拥有了世界上仅此一台的装置。我相信,通过自行制造并运用这种高附加值的设备,能够创造出革新性的材料。打比方的话,就像是某部棒球漫画的投手所投出的魔球。我们不是要提高投球技术,让投出的曲球和喷射球





更犀利，而是要以球会在眼前消失等无人见过的魔球为目标，不断地发起挑战。这就是我们薄膜材料研究部所描绘的未来”。

CFRP加工用 CVD金刚石涂层的开发

进入公司20年的藤原和崇在10年前被分配到中央研究所，从大约5年前开始着手研发切削刀具用CVD金刚石涂层。藤原在谈到工作的乐趣时这样说道：“研究所与制作所的开发部门相比，与客户的距离比较远。因此，我很注意与客户多接触，在日常工作中与熟知他们想法的制作所的开发团队密切合作。在充分理解他们想法的基础上，踏实追求唯有研究所可以实现的原理原则，发现新的假设和真实情况。其成果最终将会使产品的性能实现飞跃。当听到采用自己创造的新技术的产品在市场上赢得好评的时候，哪怕只是间接消息，也真的非常开心”。藤原目前重点投入的工作，是研发飞机机体等使用的CFRP加工用刀具的CVD金刚石涂层。“本公司已经推出了包覆该涂层的钻头和立铣刀产品，目前正在以这些现有产品为对象，研究能大幅提升性能的新涂层”。

开发独一无二的新技术， 运用该技术推出新产品

飞机部件除了CFRP之外，还使用CFRP与铝或钛等由复合原料组合而成的材料。因为要使用相同的刀具一次性加工不同的原料，所以对刀具性能的要求更严格，同样是CVD金刚石涂层，但要求的水平非常高。“如果是加工CFRP单体，基本上金刚石的比例越高，也就是越硬，涂层的性能就越高。而铝和钛等金属在提高金刚石的比例后，反而容易与工件材料发生反应，熔化并附着在刀具上，不仅有损加工精度，刀具寿命也会缩短。同时解决这样矛盾的课题，让同一涂层对不同的工件材料都表现出优异的性能并大幅延长刀具寿命，这就是本次CVD金刚石涂层开发的最大目的”。藤原的目标是开发出能使刀具寿命达到“现有产品3倍”的CVD金刚石涂层。为了尽早投放市场，团队全员正在团结一心努力研发。“我们中央研究所的任务是创造前所未有的先进技术。开发只有三菱综合材料才能实现的独一无二的新技术，通过融入这一技术的产品，给全世界的客户送上惊喜”。

为实现现有产品3倍的刀具寿命 着手开发CVD金刚石涂层

与研究员
对话！

藤原 和崇
中央研究所
薄膜材料研究部 主任研究员



中央研究所的设施特点

1

最先进的
分析设备
为数众多



2

充分运用交流空间，
研究员之间轻松
共享信息



3

保管有助于研究的大量专业
书籍、资料、文献的专用书库



CUTTING EDGE

第5期

向新一代旋转 刀具发起挑战

飞机部件大量使用难切削材料,与一般的工件材料相比,会使刀具寿命明显缩短。有没有一种划时代的加工方法,能大幅提高难切削材料加工时的刀具寿命?为了回应市场的这一期待,三菱综合材料向开发新一代旋转刀具发起了挑战。这一次,我们将带您走近复合机床专用的“驱动型旋转车刀”和通常的加工中心可以使用的“从动型旋转刀具”这两种新旋转刀具诞生的秘密。

PROJECT 1 让刀具自动旋转

充分运用复合机床优势的驱动型旋转车刀的开发

三菱综合材料第一次开发镶装刀片在加工中转动的车削加工用旋转车刀,要追溯到大约20年前。通过大胆采用当时的创新机构,利用切削中产生的切削阻力来带动镶装刀片转动。使镶装刀片在切削中转动,能抑制加工难切削材料时导致刀具寿命缩短的一个主要原因,即边界损伤,大幅延长了寿命。第一代旋转车刀凭借在难切削材料加工中发挥出的优秀性能,赢得了好评,但由于结构复杂,其刀具刚性有限,而且组装的部件数量多,与标准车刀相比,价格相当昂贵。尽管还有部分客户在继续使用,但随着时代的发展,需求逐渐减少,已经从上市之初的标准库存品,变成了现在的特殊订购品。

但在其背后,我们也在运用开发第一代旋转刀具积累的技术诀窍,开发新型旋转车刀。在思考新的转动机构时,复合机床的出现是一个很大的启发。第一代旋转车刀是利用切削中产生的切削阻力来带动镶装刀片转动,旋转力会因切削条件而产生波动,很难始终发挥稳定的性能。要是在任何切削条件下都能稳定产生指定的旋

转力,是不是就能制造出新的旋转刀具?

大约10年前,我们产生了这样的构想。

刚好在那个时候,东京农工大学的笹原研究室也在研究基于同一概念的驱动型旋转车刀,从大约3年前开始,三菱综合材料与该研究室正式启动了合作研究。因为使用复合机床可以任意控制刀具侧的转动,所以有别于从动型的“驱动型”旋转车刀成为了现实。

但是,由于刀具的转速以及刀具的接触角都可以自由设定,因此,寻找切削条件、刀具倾斜角的最佳组合,成为了挡在面前的第一道障碍。

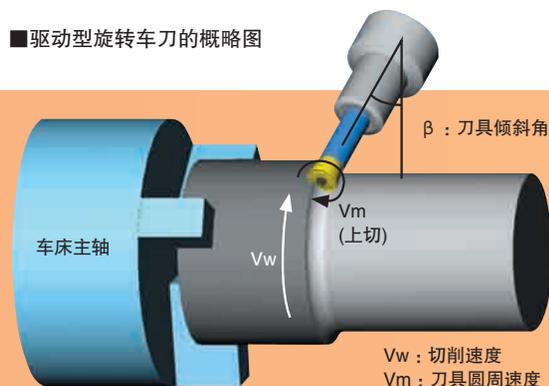
不只是刀具侧的转速(刀具转速),刀具接触工件材料的角度(刀具倾斜角)也非常重要。工件材料的切削速度、进给和切深等基本切削条件不同,切屑的厚度和排出方向等会发生巨大改变,对于刀具寿命影响很大。这次除了以上条件,刀具倾斜角也要变,找到最佳切削条件的组合是难上加难。于是,我们借该研究室之力,进行相关数值的学术理论研究,对最佳推荐条件进行了调查。

另一方面,开发刀具形状的最大课题,是要在车刀上安装镶装刀片时,尽量减少二者中心的错位。如果错位太大,镶装刀片相对于车刀转轴会发生偏心旋转。这会导致切深量波动,部件不符合指定尺寸。而且,切深量发生波动,切削阻力也会变得不稳定,在切削中容易产生振颤等,可能导致镶装刀片意外缺损。

面对尽可能让镶装刀片的中心与车刀主体的中心重合这一课题,我们经过多次试制和反复验证,最终实现了能将镶装刀片与车刀的同轴度控制在0.01mm以下的精巧机构。

除此之外,内部冷却液也是一大特点。按照这次的设计,冷却液是从镶装刀片的孔与夹紧螺丝的缝隙之间供应。通过采用这样的机构,在车刀上安装镶装刀片的夹持力虽然会有下降的趋势,但凭借独有的机构,保证了必需的夹持力。刀具自身以固定的转速稳定转动,可以将切削中产生的热稳定地分散到切削刃的整个周长,而且,通过从车刀内部供应冷却液,不仅能有效冷却整个镶装刀片,还能顺利排出切屑。

■驱动型旋转车刀的概略图





加工中的景象



开发阶段的机构(越靠后越接近于开发初期的机构)

实现了长寿命,约为一般镶装式车刀的10倍

本次开发的驱动型旋转车刀具有以下特点。

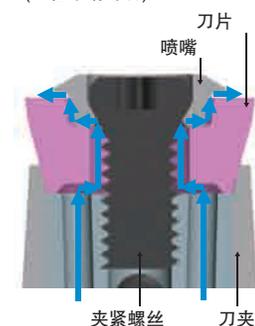
1. 通过充分利用镶装刀片切削刃的整个周长,均匀分散刀具磨损,能最大限度地充分利用镶装刀片自身的刀具寿命

2. 利用刀具自身的稳定转动,能有效分散切削热,利用内部冷却液进行冷却,能大幅抑制镶装刀片的磨损

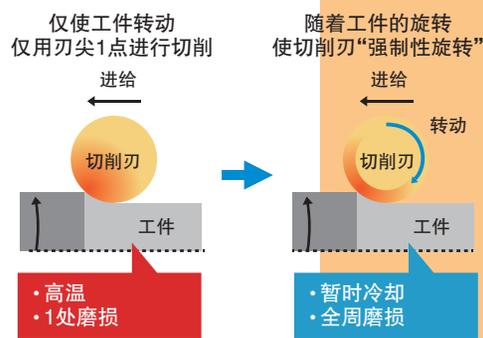
3. 利用独有的高精度、高刚性夹持机构,能稳定进行高效率加工

借助以上特点,如右图所示,在用于切削Inconel718时,其寿命要远远长于一般的镶装式车刀。而且,不光是耐热合金等难切削材料,应该还适用于铝和铁等复合材料的切削。特别适合通过降低更换刀具的频率、延长刀具寿命,来大幅降低总运行成本的需求,例如夜间无人加工、以少量人员分担多台机床等。

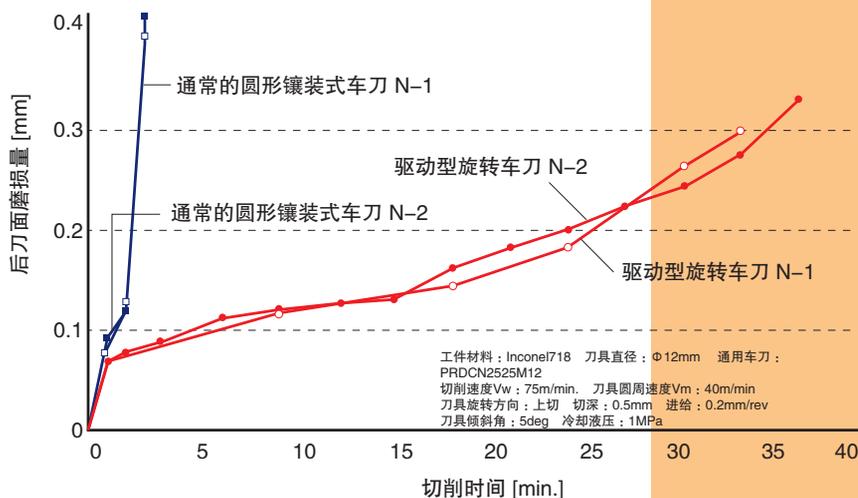
■冷却液的内部结构
(正在申请专利)



■驱动型旋转车刀的机制



■Inconel718的刀具寿命曲线



开发第一代旋转车刀时的疑问这次将会解开?

按照开发第一代旋转车刀时的思路,为了抑制会给导热系数低的难切削材料的加工造成问题的前刀面磨损,镶装刀片的转速最好与切屑的排出速度保持一致。也就是说,按照一般的切屑压缩比的理论,理想转速是切削速度的约3分之1。第一代旋转车刀是在切削阻力的作用下被动旋转,

无法控制转速,在当时没有严格验证这一假设。

新型旋转车刀有多个需要设定的参数,要想找到与客户不同的切削条件严格吻合的最佳值,可以说相当困难。根据大量的实验结果,通用的推荐值渐渐清晰了起来,而有趣的是,这个推荐值与开发

第一代旋转车刀时的设想“刀具侧的转速约为工件材料切削速度的3分之1”竟然相差无几。驱动型旋转车刀目前正在开发之中,将争取在2017年内上市。

CUTTING EDGE



(左)开发出从动型旋转刀具的航空航天部 筑波航空组 高木 优次
(右)开发出驱动型旋转车刀的开发本部 加工技术中心 新一代加工小组 高桥 亘

PROJECT 2

镶装刀片在切削中转动 从动型旋转刀具

通过理论计算得出镶装刀片的旋转力

本次的从动型旋转刀具，是继承第一代旋转车刀的技术诀窍而全新开发的铣削刀具。

自从第一代旋转车刀上市以来，三菱综合材料一直在思考：能不能将利用切削阻力带动镶装刀片转动的机构，应用到立铣刀和正面铣刀等铣削刀具？但是，在铣削刀具上直接安装第一代旋转车刀的转动机构，尺寸太大是最大的瓶颈，按照当时的结论，根本不可能实现。

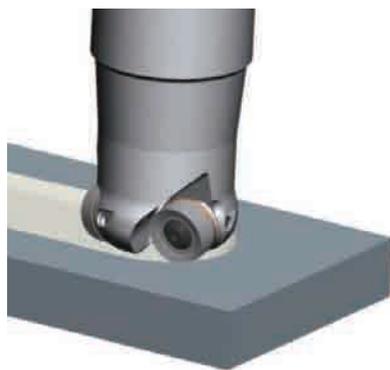
不过，随着各项产业越来越多地采用难切削材料作为工件材料，铣削加工现在也对提高加工效率、延长刀具寿命提出了更高的要求。而且，作为其解决措施，使镶装刀片在切削中转动是一种很有吸引力的方式。在这样的背景下，从大约10年前开始，名古屋大学、三菱重工业

株式会社、三菱综合材料3家公司启动了新旋转刀具的合作开发。

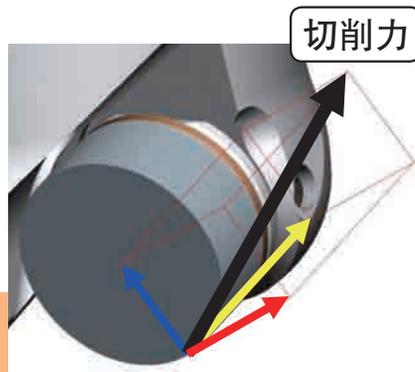
开发首先要解决的课题，是利用切削阻力带动镶装刀片转动时，以怎样的角度配置镶装刀片，才能确保最佳的旋转力。以切削阻力低为前提配置镶装刀片，产生的旋转力会缩小，镶装刀片无法充分转动。但是，倘若为了确保较大的旋转力，以切削阻力高为前提配置镶装刀片，则会在切削时产生振颤等，甚至会导致镶装刀片，或是刀具主体发生破损。也就是说，对于产生的切削阻力，一个重要条件是要尽可能在广泛的切削条件下，使镶装刀片稳定转动，因而需要推导相应的镶装刀片配置角度。

名古屋大学解决了这个难题。该校建立复杂的计算公式，通过数值分析的

方式，理论性地计算出了镶装刀片转动的最佳配置角度。在开发第一代旋转车刀时，确定镶装刀片的配置角度靠的是经验和大量的实验结果，而这一次，理论计算的实现大大压缩了开发周期。



■驱动镶装刀片转动的机制



- 镶装刀片半径方向的分力
- 镶装刀片圆周切线方向的分力⇒驱动力
- 镶装刀片厚度方向的分力





加工中的景象



第一代旋转车刀

实现了长寿命,约为本公司以往刀具的8 ~ 10倍

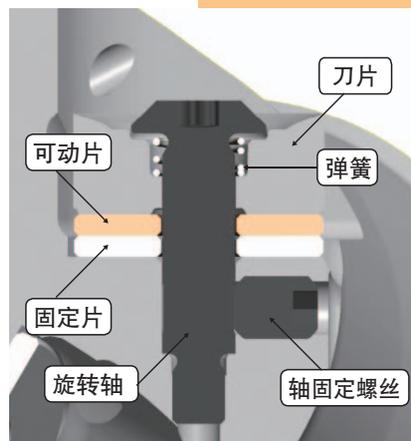
下一个课题可以说是铣削刀具形状方面的特有课题：在非常狭小的空间内配置镶装刀片。我们必须要想出可以在狭小的空间内安装、尽可能小的旋转机构。因此需要优化镶装刀片的孔与夹紧螺丝的间隙，使镶装刀片在切削中顺利转动。间隙太小会出现卡碰，过大会发生松动。而且，从刀具刚性的角度来看，与镶装刀片大小相对应的夹紧螺丝的粗细也非常重要。对于这个课题，我们反复进行研究、分析、试制、实验，通过在夹紧螺丝的上部嵌入弹簧等，最终构想出了兼顾最佳间隙与强度的旋转机构。然而，就在旋转机构实现简单化、小型化，旋转刀具的完成指日可待的时候，新的课题又出现了。那就是镶装刀片的底面与安装于刀具主体的硬质合金片因转动接触而发生了偏磨损。镶装刀片转动能够使切削刃的损伤均匀化，但承受切削阻力的硬质合金片的负载并不均匀，负荷主

要集中于切削刃正下方的部分。镶装刀片、硬质合金片都是硬质合金制成，如果在局部承受负荷的状态下彼此接触并持续转动，这一部分将不可避免地发生偏磨损。为解决这个问题，镶装刀片与硬质合金片之间嵌入了金属制成的可动片作为缓冲。

通过这样一步一个脚印地解决各种各样的课题，利用切削阻力使镶装刀片转动的新型旋转刀具终于完成了。旋转刀具的最大优势在于无需调整角度的长时间(无人)切削，实际情况如下表所示，在加工耐热合金时，与本公司以往刀具的1个角相比，实现了8 ~ 10倍的长寿命。

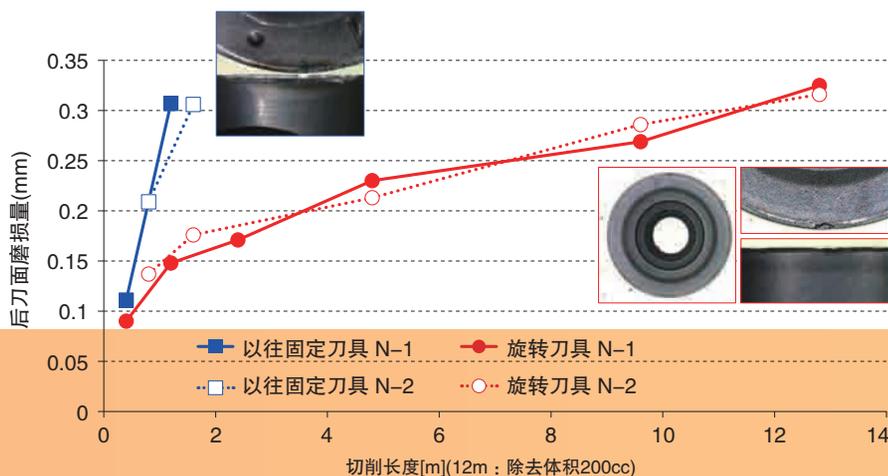
这种从动型旋转刀具预定于2017年内上市，今后将以立铣刀式、正面铣刀式为首，进而向车削加工使用的车刀式等拓展。并通过增加镶装刀片的规格，迎合研磨加工等用途，作为从动型旋转刀具，也将谋求更大的发展。

机构的机制



特开2016-2638

耐热合金切削试验结果(立铣刀铣削加工)



切削条件：vc=30m/min. fz=0.1mm/t ap=1.0mm ae=18mm单刃、Wet切削 工件材料：Inconel718





歌川国贞“艳紫娼拾余帖”
描绘了潜入府邸的忍者战斗的景象

何为飞镖

“忍者的专利”——飞镖一直给人以这样的强烈印象。然而实际上，飞镖与弓、枪、剑术一样，是绝大多数武士都要修炼的兵器，不是忍者也会使用。江户幕府最后一位将军德川庆喜也喜欢练飞镖，据说镖法达到了名家的境界。关于飞镖是何时诞生、如何制造出来的，现在尚无定论。有的说是由战国时代的“锻

造兵器”发展而来，也有说是中国的投掷术传来成为了飞镖，说法众说纷纭。投掷飞镖最多可以攻击到14 ~ 15m外的敌人。之所以又小又黑，是为了遁于无形，让敌人难以躲避。但不命中要害，就造成了致命伤。因此，据说投掷飞镖主要是用来引开敌人注意力，然后劈砍、逃跑，或是下毒后使用。飞镖大致分为“飞针”和“飞

轮”2种。其形状因流派而异，并不统一，但全部都是黑色。这样的黑色，是淬火前在烧热的飞镖上覆盖棉布，让炭附着在表面所形成的。如此制成的飞镖不显眼、不易生锈，而且表面有适度的光泽，容易抓握，也容易附毒。

何为忍者

忍者有一种说法是起源于约1,400年前的飞鸟时代。据说是圣德太子麾下负责搜集朝廷情报的组织，叫作“志能备”。而“忍”这一称谓在史料上有确切记载，则是南北朝时代(1336 ~ 1392年)以后，直到1955年左右(昭和30年代)，“忍者”一称才固定了下来。

随着时代的发展，忍者的职责与概念发生了变化，其主要职责原本并不是战斗。

战国时代的忍者为各地的大名效力，负责完成潜入敌国、收集情报等任务，向主君传达敌方情况。因此，活着回来最为重要，故而练就了飞镖等各式各样的技术。提起忍者，人们就会联想到潜伏在房檐下偷听，但实际上，忍者也经常与当地打成一片，向他们探听消息。和平的江户时代到来后，护卫成了忍者的主要任务，除此之外也要收集情报，将邻国的政治情况运

用于本国的政治。到江户后期，真实存在的“忍者”渐渐消失，成了小说、曲艺中虚构的形象。其中描绘了很多忍者运用神奇的忍术行偷盗之事的套路，在歌舞伎、浮世绘等艺术形式中，逐渐形成了人们现在所熟悉的“黑衣飞镖”的忍者形象。然而时至今日，忍者依然谜团重重，随着今后不断推进研究，可能还会有更大的发现。

飞镖的种类

飞镖大致分为飞针和飞轮。飞针顾名思义，是笔直的针状飞镖，制造比飞轮简单，而且威力大。飞轮不同于飞针，有各种各样的形状。一般来说，大家容易联想到的

应该是飞轮。飞轮的四周全是刀刃，任何一个部分命中，都会让敌人负伤。



图中右上方针状的是飞针，其他是飞轮。其形状各不相同

飞镖的握法和掷法

握法 根据使用时的情境，有许多种握法。没有固定姿势，只要在任何情况下都能命中目标即可

【飞针】



【飞轮】



握法1

握法2

握法3

掷法

【正掷】

最正统的飞镖掷法。自上而下挥臂掷出。



将飞镖瞄准靶子



将飞镖笔直地掷向靶子

【横掷】

单手持镖，从侧面滑动掷出的方法。与漫画中常见的两手相擦投掷的方法相似，但那样的掷法在现实中不可能实现，如果不握紧飞镖，就产生不了威力。

【飞镖的携带方法】

随身携带时要将飞镖放入鹿皮袋并挂于腰间在胸前的暗袋中似乎也会藏上几枚飞镖，危急时用来防弹、防刺。

编辑后记

与上期一样，本次的MMC通讯杂志第5期也在众多相关人士的协助下得以如期发行。首先借此机会，向各位致以诚挚的感谢。

本期接续第1期，继续聚焦飞机产业。飞机毫无保留地运用着世界最尖端的原料和加工技术。这一次，通过倾听切削加工飞机部件的现场的真实声音，您是否感受到了这个行业所独有的产品制造的精髓、深奥和乐趣？另外，本期还推出了大家经常听说的新原料CFRP的特辑。CFRP如今已得见天日，回顾其诞生的历史，其中充满了日本制造商无论如何也要实现产品化的热烈期盼。

飞机产业今后还将继续扩大。希望本期能够让更多的人感受到这个行业的卓越、价值，以及投身于此的冲动，为未来飞机产业的发展再添砖加瓦。

编辑部 名田 丰

Your Global Craftsman Studio Vol.5
2017年6月发刊
编辑发行部门：
三菱综合材料株式会社
加工事业公司
战略部

严禁转载包含本刊的文字、图片等在内的所有报道内容。

忍者的小知识

一 忍者的武器

除了飞镖，忍者还携带多种兵器。其中的“锁镰”外形小巧，大约是单手握柄稍有富余的大小。忍者会将其藏于怀中，在紧要关头使用。



协助：伊贺流忍者博物馆

二 历史人物是忍者！？

相传“其实是忍者”的历史人物不在少数。例如《奥之细道》的作者、曾云游日本的松尾芭蕉和江洋大盗石川五右卫门等。许多著名人物也许都是忍者，只是我们不知道而已。



三 忍者的装束不是黑色

说起忍者，人们总会联想到“黑衣”，然而并非如此。按照忍术三代秘笈之一《正忍记》的记载，忍者的装束曾经是深褐色和藏青色。在没有电灯的时代，只要接近黑色，就完全可以隐匿于夜色之中。





三菱综合材料不单是「工具制造商」。
 作为生产制造的专家，我们的使命是全力以赴
 协助每一位用户不同的课题，为您事业的成功领航。
 为此，我们愿成为世界独一无二的，为您而存在的「工具工坊」。
 这里将作为：与顶尖的技术和产品邂逅的“场所”。

无论何时何地，都能迅速提出解决方案的“场所”。

集聚世界最新情报，充满了惊喜的“场所”。

在这个工坊，我们和您共同思考、创新、分享感动，
 提供适合每一位用户的解决方案与服务。

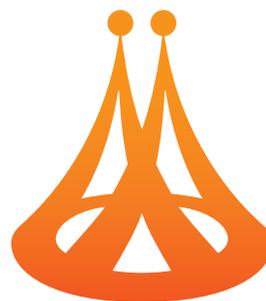
您的、世界的、综合工具工坊。

YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO

三菱综合材料



微信公众号：MMC-TOOLS



YOUR GLOBAL CRAFTSMAN STUDIO

【标识的寓意】在象征地球的圆上，人与人手牵手的图案。
 设计中倾注了在全球各领域中，“用户”与“三菱综合材料”
 手牵手成为一体，共同成长的愿望。
 图案的整体轮廓，隐约显现了“切削工具”的形状，又可以看
 作三菱综合材料的英文名首字母“M”，还表现出“火焰”象
 征了对生产制造的热情，将多种寓意集合在了标识的设计中。

 三菱综合材料株式会社
<http://www.mitsubishicarbide.com>

●电话技术咨询热线
 400-001-3030