

车用碳纤维复合材料性能及成型工艺

张婧, 于今, 熊磊, 孙巍

中国复合材料集团有限公司, 北京 100036

摘要 碳纤维复合材料(CFRP)具有高强度、高刚度、高断裂韧性、耐腐蚀、高阻尼等特点,可大幅提高汽车服役寿命、燃油效率和安全舒适性,已被公认为汽车工业领域最理想的轻量化材料。但由于传统复合材料成型工艺来源于品种多、批量小、高成本生产的航空工业,为了满足车用CFRP对高效率、低成本、规模化、自动化制造技术的迫切需求,国际主流车企结合车身部件设计灵活、厚薄不均、复杂程度地不同的具体特点,开发了众多差异化的新型快速成型工艺,以实现最小碳纤维用量下最大程度地发挥复合材料功效的目的。本文通过与高强钢、铝合金、镁合金等其他先进轻质材料的对比,介绍了碳纤维复合材料在使用性能上的多样化特点及显著优势;并结合车用碳纤维复合材料部件典型应用案例,分析了当前最具发展潜力的差异化快速成型工艺。

关键词 车用碳纤维复合材料;使用性能;快速成型工艺;轻量化材料

随着中国工业化、城镇化脚步的不断推进和人类节能环保意识的不断增强,汽车工业发展与能源、环境之间的矛盾愈演愈烈,而人类对更加节能、环保和安全的新型汽车的需求越来越迫切。汽车轻量化技术是在保证零部件使用性能和行驶安全性的前提下,实现整车减重的手段,也是提高燃油效率、减少尾气排放最直接的方式。

碳纤维增强树脂基复合材料(carbon fiber reinforced plastics, CFRP)具有轻质高强、高断裂韧性、耐腐蚀、可设计性强、易成型、减振阻尼性能好等一系列优点,既能够满足部件刚强度、轻量化的设计要求,在车辆安全性上也具有明显优势。目前,CFRP已成为继高强钢、铝合金、镁合金、工程塑料和玻璃纤维复合材料(glass fiber reinforced plastics, GFRP)后汽车工业领域最流行、最具发展潜力的轻量化新材料。

1 车用CFRP性能

从目前国内外轻量化材料的现状和发展趋势来看,尽管高强钢仍是现阶段应用最普遍、最成熟的汽车轻量化材料,暂时不会被取代,铝合金、镁合金、工程塑料及GFRP等的应用也呈现逐渐增长的趋势,但CFRP在轻质高强高模、抗冲击性、减震隔音性能、耐蚀性等方面所具有的显著优势是其他材料不可比拟的。

1.1 轻质高强高模

CFRP由碳纤维增强相与树脂基体组成,具有轻质、高强、高模的特点。其密度为 $1.5\sim 2\text{ g/cm}^3$,约为高强钢的 $1/4$ 、铝合金的 $2/3$,与GFRP、镁合金相当。根据奥迪公司的统计^[1],

在不改变部件外形、结构和功能的前提下,采用不同的轻量化材料,铝合金、镁合金部件分别比高强钢部件减重40%和49%,准各向同性CFRP和单向织物CFRP的减重百分比则可以达到52%和76%(图1)。可见,CFRP的减重效果显著,如果结合优化结构设计方案,则可获得更好的轻量化效果。

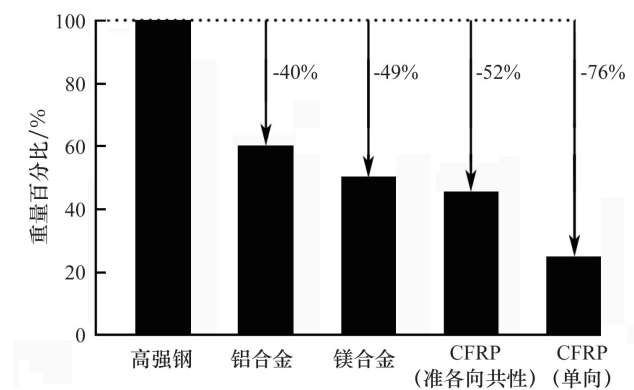


图1 奥迪公司对不同轻量化材料、相同功能部件的重量比较

Fig. 1 Comparison among components with different lightweight materials from Audi

CFRP的拉伸强度和拉伸模量受到纤维种类、用量、形态、铺层方式以及树脂等多方面因素的影响,表现不一而足。整体上讲,拉伸强度、拉伸模量,特别是比强度和比模量都比金属材料显著提高,是CFRP的核心性能优势。表1列出了代表性轻量化材料的强度、模量等力学性能^[1],可以看

收稿日期:2015-12-25;修回日期:2016-02-02

作者简介:张婧,高级工程师,研究方向为碳纤维及其复合材料产业和技术,电子邮箱:zhangji@cgcg.com.cn

引用格式:张婧,于今,熊磊,等.车用碳纤维复合材料性能及成型工艺[J].科技导报,2016,34(8):26-30;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2016.08.004

出CFRP的比强度、比模量比合金材料高出数倍,表现突出。

CFRP特别是连续纤维CFRP,由于力学性能的各向异性特点突出,沿纤维方向强度最大,而垂直于纤维方向强度最

小,属薄弱环节。因此,需要根据承载特性对纤维取向进行特别设计。

表1 代表性车用轻量化材料的力学性能比较

材料类型	密度/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	拉伸强度/ MPa	比强度/ ($10^3\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$)	拉伸模量/ GPa	比模量/ ($10^3\text{N}\cdot\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$)	
高强钢	双相钢 DP400/700	7.87	700	89	207	26
	相变诱导塑性钢 TRIP450/800	7.87	800	102	207	26
	马氏体强化 超高强钢 Mart950/1200	7.878	1200	153	—	—
铝合金	加工硬化 5182-h24	2.7	310	115	70	49
	时效硬化 6111-T62	2.7	360	133	70	49
镁合金	AZ91	1.8	240	133	45	25
GFRP	GFRP (单向)	1.85	960	512	39	21
CFRP	CFRP (单向)	1.63	1240	761	215	132

1.2 耐冲击性好且断裂韧性高

CFRP的高强度、高刚度特点也决定了在造成相同程度的变形甚至断裂破坏时,CFRP部件能够比其他材料部件从外界吸收更多的能量。CFRP碰撞过程中的能量吸收率是钢和铝合金的4~5倍^[9],即CFRP具有更高的断裂韧性。奔驰公司曾在SLR McLaren跑车最前端的吸能区采用CFRP尖塔式溃缩柱(图2)^[4],其由无数根碳纤维束编织而成,不仅具有极高的强度,而且当承受正面撞击时,CFRP溃缩柱能够通过破碎成无数细小碎片的方式吸收大量撞击能量,提高了车辆的安全性。同时,这种破坏形式类似于钢化玻璃,能够有效避免大尺寸CFRP部件可能对人体造成的致命性伤害,进一步提高了乘坐安全性。另外,CFRP部件在柱式撞击和侧面撞击中,即使局部承受较重的点式力量也不会凹陷^[9],同样表现出了较高的碰撞安全性和结构可靠性。而同为复合材料的GFRP部件,由于模量较低、耐疲劳性能较差、吸能性不强等因素,安全性不够理想。

1.3 减振降噪性能

汽车行驶过程中噪声来源复杂,根据来源不同,最主要的4种噪声分别是车身结构噪声、轮胎噪声(胎噪)、发动机噪声(机噪)和气动噪声。因此,为提升乘坐舒适性,从汽车部件的角度来讲,一方面要减少部件自身及部件间的振动,另一方面要实现对外部噪声的有效隔离。材料的自振频率与



图2 奔驰SLR McLaren车型的CFRP溃缩柱

Fig. 2 CFRP collapse column of SLR McLaren

其比模量的平方根成正比,CFRP具有较高的比模量,因此材料本身的自振频率也相对较高;而车身各部位的振动模式与部件结构、材料性能和连接摩擦等都有密切关系。宝马i3车身各部位的模态数均在40~90 Hz,避开了动力总成的频率段20~28 Hz,有效减少了部件的振动,降低了车身结构噪声。同时,CFRP中树脂高分子链的粘弹性与纤维-树脂界面间的相互作用也表现出了明显的阻尼效应,使材料更有效地吸收振动能量,振动迅速衰减。对比相同尺寸、相同形状的铝合

金梁和碳纤维复合材料梁的振动测试结果,前者需要 9 s 停止振动,而后者只需 2.5 s^[6]。优异的阻尼特性使各种噪声被更好的隔绝在外,实现了对噪声的有效屏蔽。当然,CFRP 部件表现出的阻尼特性有着非常复杂的机理,车辆减振降噪也是一个浩大的系统工程,需要材料选择、结构设计、车体密封等多方面的相互配合。

1.4 耐腐蚀性能

铝合金表面在使用时能够形成一层致密的氧化物薄膜,使其相比于高强钢和镁合金具有更强的耐腐蚀性。因此许多情况下,暴露在大气中的铝合金不需要进行表面处理就可以使用,而高强钢和镁合金需要进行喷漆、电镀等表面防护。但是铝合金的耐电化学腐蚀能力较差,耐酸性不如钢。可以说,传统的轻量化合金材料的耐腐蚀性各有长短,都不是全能型材料。而 CFRP 具有优异的耐海水、耐盐雾、耐机械摩擦等耐候性能,及耐酸碱、耐有机溶剂、耐工业废气等耐化学介质性能,能够胜任酸雨、雾霾、盐雾等恶劣气候及大气污染条件下的服役环境。CFRP 较传统的轻量化金属材料具有更为优异的耐腐蚀性能,这也是选择碳纤维复合材料制造车身覆盖件的重要考虑。

除此之外,也要考虑碳纤维复合材料中的高聚物可以在紫外线的帮助下,吸收光子,而引发氧对材料表面基体树脂的破坏作用,即发生光氧化;在可见光和红外线的帮助下,高聚物也可以吸收能量而放热,促进氧化反应的进行,即发生热老化^[7]。因此,有必要通过改善树脂基体耐候性、表面涂漆、粘贴保护膜等方式对 CFRP 进行保护。

2 车用 CFRP 快速成型工艺

传统汽车工业采用钢板、铝合金板材制造零部件时,冲压生产线每分钟可冲压零部件 10~14 个,8 h 产能可以达到 6000 个^[2],制造高效快速。而传统的 CFRP 成型工艺来源于多品种、小批量、高成本生产的航空航天军工领域,其普遍采用热压罐等小规模生产技术,一个常规环氧类 CFRP 部件的完整固化周期通常大于 4 h,实施周期长、生产效率低,无法满足车用 CFRP 对高效率、低成本、规模化、自动化制造技术的迫切需求。因此,为实现最小碳纤维用量下最大程度发挥 CFRP 功效的目的,国际主流车企结合车身部件设计灵活、厚薄不均、复杂程度不同的具体特点,在原有常规复合材料成型工艺基础上重点开发了众多差异化的新型快速成型工艺。目前,汽车工业领域最具应用潜力的 CFRP 成型工艺包括快速 RTM 成型工艺、预浸料快速模压成型工艺 (prepreg compression molding, PCM)、片状模塑料 (sheet molding compound, SMC) 和长纤维增强热塑性树脂复合材料 (long fiber reinforced thermoplastics, LFT) 等。

2.1 快速 RTM 成型工艺

RTM 成型工艺是最主要的液体模塑成型技术,它成型周期短、制品纤维含量高、表面光洁度好、尺寸精度高。由于无

需使用预浸料和热压罐,RTM 工艺成本相对较低,在航空工业领域,被广泛应用于生产大型结构件。但传统 RTM 工艺从纤维铺放、树脂注入、浸渍、固化,到最终脱模,总时长在 2 h 以上^[8],难以满足现代汽车工业对快速制造技术的需求。因此,快速 RTM 技术不仅是目前大型复杂结构 CFRP 部件一体化成型的首选,也是未来车用 CFRP 成型工艺的发展方向。

高压 RTM (high pressure rtm, HP-RTM) 是通过增大注射压力提升注射速度的有效方法。采用该工艺注射压力能够达到几千兆帕^[9],保证了较高的合模速度和压制速度,大大缩短部件成型时间,提高了工艺效能。同时,增大压力能够促使树脂快速充满模腔,提高纤维树脂浸润度,减少树脂注射次数,促进空气排出,降低成品孔隙率,从而实现卓越的表面性能。如同时选择注入低黏度树脂体系或低黏度反应性混合物料体系,注射速度能够进一步提高;通过高压计量技术对反应物料进行精确计量,也能够缩短注射时间。另外,由于 CFRP 制品结构和性能可设计性强,当 HP-RTM 应用于大型复杂结构部件的制造时优势更加明显,不仅可以在 5 min 以内实现部件的一体化成型,而且能够大幅减少零部件和紧固件数量,简化连接和装配,极大减少了生产过程的能源消耗,降低了生产成本。宝马 i3 车身的 CFRP 部件大量采用 HP-RTM 技术生产,宝马的莱比锡工厂和兰茨胡特工厂为每台 3000 t 液压机配备 2 台 HP-RTM 注射单元,当自动化生产线将碳纤维预制件准确放入钢模并闭模后,HP-RTM 单元可以借助高压向模具中注入树脂,并在 5 min 内完成环氧树脂的固化^[9]。HP-RTM 技术的使用使宝马 i3 的 CFRP 零部件数量比传统的金属零部件数量减少了 2/3,仅约为 150 个^[10]。

2.2 PCM 成型工艺

模压成型是将冲压后的 CFRP 半成品预先放入模具,然后加热加压使其成型固化的成型方式。其中,热压前的成型坯料是能否实现快速制造的关键。近年来,预浸料因具有精确的纤维、树脂配比而被越来越广泛的应用。而 PCM 成型工艺作为一种理想的 CFRP 罐外热压工艺,不仅能够大幅缩短成型周期、提高生产效率,具有制品尺寸精度高、表面光洁度好、生产成本相对较低、容易实现复杂结构件的一次成型等特点,同时,由于制品内纤维取向性好,因此制品的强度、刚度相对较高,已成为车用 CFRP 的重要成型工艺。

日本三菱公司于 2012 年推出的快速固化 PCM 成型工艺,采用 60k P330 和 50k WCF 2 种大丝束碳纤维的预浸料,希望得到与小丝束 CFRP 类似的良好加工性、优异力学性能及高产能^[11]。2014 年,三菱丽阳公司将 PCM 工艺应用到了日产 Nismo 版本 GT-R 后备箱门的制造上,重量仅为铝合金产品的 1/2,而成型周期缩短到约 10 min,可用于 CFRP 汽车部件的量产^[12]。宁波材料所开发的热塑性 CFRP 预浸料快速热压成型工艺,实现了连续纤维纱/织物薄膜叠层熔融预浸工艺的连续化作业,用于奇瑞汽车某车型保险杠的量产,成型效率达到每小时 8 件,产品质量满足安全碰撞标准。

2.3 其他成型工艺

RTM成型工艺对模具制造精度要求高、模具制作周期长且价格较高,而预浸料的材料加工、运输成本较高,模具的成本也不低,因此这2种成型工艺前期投入较大。因此,其他的复合材料成型工艺,如片状模塑料(Sheet Molding Compound, SMC)模压成型工艺、长碳纤维增强热塑性材料(Long Carbon Fiber Reinforced Thermoplastics, CF-LFT)注塑成型工艺也得到了较为广泛的应用。

2.3.1 SMC模压成型工艺

SMC由树脂糊浸渍纤维或短切纤维毡,两面覆盖聚乙烯薄膜而制成的片状模压料,属于预浸毡料范围。SMC成型效率高、产品的表面光洁度好、外形尺寸稳定性好,且成型周期短、成本低,适合大批量生产,适合生产截面变化不太大的薄壁制品,在GFRP汽车部件生产领域已得到广泛应用。目前,在车用CFRP成型工艺方面,SMC主要用于片状短切纤维复合材料的生产,由于纤维的非连续性,制品强度不高,且强度具有面内各向同性特点。而碳纤维在树脂糊中的润湿性是SMC工艺面临的重要课题,通过对碳纤维进行必要的表面处理,并采用适当的润湿分散剂能够有效提高碳纤维在树脂糊中的润湿性和均匀性。碳纤维SMC也在汽车工业领域获得了不少应用。

2003款道奇蝰蛇(Viper)是首款批量运用连续碳纤维和玻纤混杂增强乙烯基树脂SMC部件的车型,CFRP主要用于车门和风挡结构的制造。该车型的风挡强度较原有车型有较大提升。新型车门在重量下降的前提下强度有所提升,车门下垂量得到了很好的控制^[13]。2012年,日本旭有机材工业公司利用碳纤维的导电性,采用SMC工艺为电动车生产用于吸收无线电波的部件,该部件同时用于电磁屏蔽和结构材料^[14]。2013年,汽车零部件供应商麦格纳(Magna)与大丝束碳纤维制造上卓尔泰克(Zoltek)将PANEX35碳纤维与Magna的EpicBlendSMC配方和技术相结合,共同开发了车用低成本碳纤维SMC技术及产品,大幅提高了生产效率^[15]。另外,国内车企,如上汽、北汽、奇瑞、一汽等也开展了SMC方面的大量研究,并将CFRP应用于尾门、新能源车电池箱盖、发动机罩、后顶盖、前机舱盖等汽车外覆盖件上。

2.3.2 LFT注塑成型工艺

除了热固性树脂和碳纤维织物、连续纤维以外,热塑性树脂和非连续碳纤维在汽车领域也有不少应用。LFT成型工艺具有优异的成型加工性成型率高、成品率高,且设备相对简单、工艺成本较低,制品内部由于纤维长度较长而形成骨架结构,使得制品具有较好的抗冲击性和刚度,因此LFT制品可用于受力较大的车体部件。LFT已经在汽车车身上获得了广泛应用,也是具有很大应用潜力的成型工艺。碳纤维增强尼龙6的LFT复合材料与铝合金、高强钢相比,比模量相当、比强度高出50%~250%,在汽车次承力结构件的制造方面具有相当的竞争力^[11]。

3 分析与讨论

目前,CFRP已经被用于汽车发动机系统的连杆、摇臂油箱底壳,传动系统的传动轴、减速器,制动系统的刹车片,底盘系统的横纵梁、支架、轮毂、板簧,车身系统的四门两盖、散热器罩、保险杠、底板、门窗框架等部件。应用车型也已经从早期的F1赛车、超级跑车、高端车、概念车等定制车型,发展到目前以宝马i3为代表的标准化量产车型。而根据宝马公司公布的数字,一辆i3电动汽车的CFRP成本约为13800欧元,其中原材料成本占CFRP总成本的11%,而成本的89%来自于成型工艺^[11]。毫无疑问,如何获得快速、高效且低成本的自动化成型技术,已成为摆在众多汽车制造商面前的难题。

如前所述,RTM与PCM 2种成型工艺的初期投入较大,而SMC和LFT是目前GFRP汽车部件常用的成型工艺,因此从硬件条件和现有基础方面讲,后两者似乎更加便利。但几种成型工艺的适用部件存在较大差别,RTM和PCM制品由于具有较好的纤维取向,刚强度等力学性能更好,更适合制造钢制车身上的大型钣金结构和框架结构件,如车身框架、外覆盖件等;而SMC和LFT制件由于使用非连续纤维,在力学性能上表现稍弱,更适合生产复杂结构的小型异形件,但部件厚度可以较大。因此,在选择成型工艺时,应当根据具体服役情况对各个部件性能要求的不同,结合部件自身的具体外形结构特点,加之成本、已有硬件基础等方面因素综合考虑,差异化地采用多种成型工艺进行生产显得更加可行。雷克萨斯LFA超级跑车的CFRP部件就主要采用了3种成型工艺制造^[16]:车身主体框架、侧栏及前部舱壁等具有中空结构的骨架采用多轴向织物预浸料模压成型,获得较高的强度、刚度及尺寸精度;前部碰撞吸能盒、驾驶室底板、引擎盖和A柱-平板状支架等采用RTM工艺成型,并采用真空辅助RTM(Vacuum assisted RTM, VaRTM)工艺生产车顶部件,实现大型、多个复杂结构的一体化成型;后部如速度控制尾翼等对强度要求不高的部件采用短切碳纤维增强SMC模压工艺成型,能够获得更好的表面光洁度。

当然,采用差异化成型工艺获得差异化的部件性能并不是厂商的最终目的,而是要将成果落实到车体轻量化和低成本上。根据SAMPE China 2015和JEC 2015的报道,更加成熟的快速CFRP成型工艺、碳纤维自动铺放、自动展丝技术、织物定型技术、自动化连续成型技术,以及夹芯结构的规模化应用,将进一步满足复杂汽车部件的性能要求,使汽车部件的品质和生产成本得到改善。

4 结论

随着宝马i3、i8车型的相继量产,CFRP作为先进轻量化材料越来越受到人们的广泛关注。国际主流车企开发并发展了适用于高性能碳纤维的HP-RTM、PCM、SMC、LFT等众多差异化的新型快速成型工艺,并取得了良好的效果。当然,CFRP在汽车领域的应用,不仅仅是材料加工成型的简单

过程,而是涉及轻量化材料选择、结构优化涉及、快速成型工艺、部件连接技术、碰撞安全性测试,甚至碳纤维回收再利用技术的“一条龙”系统工程,因此,CFRP轻量化应用的实现需要各环节相关技术齐头并进,共同发展。

参考文献(References)

- [1] Chomarat Textiles Industries. Automotive lightweight developments[R]. Beijing: SAMPE China, 2015.
- [2] Mallick P K. 汽车轻量化——材料、设计与制造[M]. 于京诺,等. 译. 北京:机械工业出版社, 2012.
Mallick P K. Materials, design and manufacturing for lightweight vehicles[M]. Yu Jingnuo, et al, trans. Beijing: China Machine Press, 2012.
- [3] 汽车碳纤维复合材料的广泛应用[EB/OL]. 2014-10-19. <http://www.chinabaike.com/zixun/xingyezonghe/2014/1019/2911391.html>.
- [4] 碳纤维复合材料在汽车工业中的优缺点及应用现状[EB/OL]. 2014-08-20. <http://www.qichecailiao.com/news/show-5788.html>.
- [5] 王俊峰, 马祥林, 张兴龙, 等. 碳纤维在汽车轻量化中的应用[J]. 新材料产业, 2015(2): 20-22.
Wang Junfeng, Ma Xianglin, Zhang Xinglong, et al. Carbon fiber application in automotive lightweight industry[J]. Advanced Materials Industry, 2015(12): 20-22.
- [6] 王宏雁, 陈君毅. 汽车车身轻量化结构及轻质材料[M]. 北京: 北京大学出版社, 2009.
Wang Hongyan, Chen Junyi. Automotive lightweight structure and materials[M]. Beijing: Peking University Press, 2009.
- [7] 张凯, 马艳, 杨世全, 等. 碳纤维复合材料的耐腐蚀性能[J]. 化学推进剂与高分子材料, 2009, 7(4): 1-5.
Zhang Kai, Ma Yan, Yang Shiquan, et al. Anti-corrosion properties of carbon fiber reinforced plastics[J]. Chemical Propellants & Polymeric Materials, 2009, 7(4): 1-5.
- [8] 张考民, 李敏, 顾铁卓, 等. 先进复合材料从飞机转向汽车应用的关键技术[J]. 中国材料进展, 2013, 32(11): 685-695.
Zhang Kaomin, Li Min, Gu Yizhuo, et al. Key technology of advanced composite materials from aircraft to automobile[J]. Materials China, 2013, 32(11): 685-695.
- [9] 宝马莱比锡i3生产中心[EB/OL]. 2015-02. http://pt.vogel.com.cn/2015/0608/paper_3561.html
- [10] 宝马i3轻量化的秘诀[EB/OL]. 2014-12-15. <http://auto.163.com/14/1215/11/ADGL6VN900084TV0.html>
- [11] 林刚. 纤维复合材料的多形态化与汽车轻量化[J]. 高科技纤维与应用, 2014, 39(5): 26-34.
Lin Gang. Multi-form fiber composites serve light-weight of automotive[J]. Hi-Tech Fiber & Application, 39(5): 26-34.
- [12] 盘点2013年汽车技术[EB/OL]. 2014-07-04. <http://www.auto517.com/news/257/5402.html>.
- [13] 碳纤维片状模塑料[EB/OL]. 2014-04-02. http://wenku.baidu.com/link?url=AC331OHx4UwS2z1zr01mXylQmNnOYYZcaqlwoXSMvEBT3ynmVBDse_TiTop-i8zw4PEcFzcHuQcIE-lr2uYHuS53k1uS3wSQTQwcKzx CZh3.
- [14] 日企推广碳纤维增强片状模塑料业务[EB/OL]. 2012-02-07. http://www.cnbox.net/1_echo.php?id=48049.
- [15] 麦格纳与卓尔泰克共同推出碳纤维SMC[EB/OL]. 2013-03-20. <http://www.cnfrp.net/news/echo.php?id=54181>.
- [16] CFRP造车术(三), 丰田雷克萨斯LFA在三处采用了RTM工艺[EB/OL]. 2012-05-19. <http://www.qichecailiao.com/news/show-494.html>.

Performance and molding processes of automotive carbon fiber reinforced plastics

ZHANG Jing, YU Jin, XIONG Lei, SUN Wei

China Composite Group Corporation Ltd., Beijing 100036, China

Abstract Carbon fiber reinforced plastics (CFRP) have been recognized as the most ideal light-weight material in automotive industry due to their superior mechanical and chemical properties, including high strength, high stiffness, high fracture toughness, corrosion resistance, high damping capacity, and so on. The application of CFRP can significantly improve the service life, fuel efficiency, safety and comfort of a vehicle. The conventional molding technology of CFRP originated from the high variety, low volume and high cost production of aviation industry; so the mainstream vehicle manufacturers have developed several new rapid molding processes in order to meet the requirements of high productivity, low cost and mass production of vehicle components. In this paper, the properties and advantages of CFRP are introduced by comparing with traditional light-weight materials such as high strength steel, aluminum and magnesium alloys. Several promising rapid molding technologies of CFRP with typical application examples are described and analyzed.

Keywords automotive carbon fiber reinforced plastics; performance; rapid molding; light-weight material

(编辑 田恬)