

芳纶纤维抗弹复合材料研究进展

魏忠仁 杜文泽 王树伦 金子明 钟蔚华

(中国兵器工业集团第五三研究所, 济南 250031)

摘要 综述用于防弹领域的树脂/芳纶纤维复合材料的研究现状,介绍芳纶纤维的分类和性能,并对芳纶纤维抗弹复合材料的应用、性能表征及抗弹性能的影响因素和抗弹机理进行阐述,对存在的问题及未来的发展进行了论述和展望。

关键词 芳纶纤维 抗弹 复合材料 机理 研究进展

芳纶抗弹复合材料是由芳纶纤维(织物)增强树脂基体制成的一类抗弹复合材料,其耐冲击性好、比防护性能(防护性能与其密度之比)高、性能可设计性强,并且具有一定的多功能性,易于和其它的抗弹材料复合使用,因而在车辆防护、工程防护、装甲防护、人体防护等领域有着广泛应用。

1 芳纶纤维的分类及特点

芳纶纤维的全称是芳香族聚酰胺纤维,是一种高强度、高模量、低密度和高耐磨性的有机合成纤维。芳纶分为对位芳酰胺纤维(PPTA)和间位芳酰胺纤维(PMIA)两种。聚对苯二甲酰对苯二胺纤维是PPTA最有代表性的一种,英文全称“Aramid Fiber”,其化学结构式见图1。PPTA的典型品种是杜邦公司的Kevlar纤维,此外还有日本帝人公司的Technora纤维和Twaron纤维、俄罗斯的Armos纤维以及国内的芳纶1414等,其主链结构具有高度的规整性,大分子以充分舒展的状态存在,它具有低密度、耐高温、防火、耐化学药品和极高的力学性能和耐疲劳性能,由于其综合性能优异,因而是理想的抗弹材料用纤维。PMIA的结构式见图2。其代表性的品种有Nomex、Conex、Fenelon纤维等,大分子链呈锯齿状,具有良好的物理力学性能,突出特点是具有极高的耐火和耐氧化性^[1-2]。

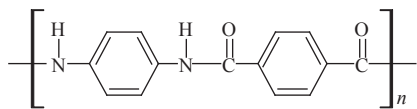


图1 PPTA结构式

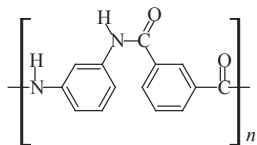


图2 PMIA结构式

芳纶纤维的主要缺点是易吸湿,在阳光下受紫外线的辐射其强度会衰减^[3-4]。K. Fukatsu^[5]通过差热分析、微商热重分析等手段对芳纶纤维及其与棉纱线混纺织物的热性能进行了分析。

2 芳纶纤维与其它防弹用纤维的性能比较

目前在抗弹复合材料领域大量应用的纤维主要有高强玻璃纤维(GF)、芳纶纤维、超高分子量聚乙烯(UHMWPE)

纤维和聚苯撑苯并二恶唑(PBO)纤维。高强GF的拉伸强度高、冲击性能好、化学稳定、抗疲劳、断裂伸长率大,主要缺点是密度较大。UHMWPE纤维是目前已经商业化生产的比强度最好的纤维,其密度小、抗吸湿性能好、断裂伸长率较高,缺点是和树脂的复合性能不好、粘接强度低、不耐热。PBO纤维具有高强度、高模量、耐热、阻燃等特性,但是价格昂贵,因而限制了其应用。芳纶纤维具有高比强度、高断裂伸长率的特点,并且在相同面密度情况下,树脂/芳纶复合材料的抗弹能力是树脂/GF复合材料的2~3倍,是钢的5倍左右,在很多领域可全面替代树脂/GF复合材料。与其它高性能防弹纤维相比,芳纶纤维具有较好的综合力学性能^[6-7],尤其是PPTA的性能比较优异。

3 树脂/芳纶纤维复合材料的应用

树脂/芳纶纤维(以下简称芳纶)复合材料以其低密度、高强度、高模量、较宽的使用温度以及能自熄、不熔化、耐多种溶剂等优良特性而被广泛使用,被称为第二代复合装甲材料。美国最初将树脂/芳纶复合材料制成防弹头盔,而后又将芳纶层压板与陶瓷或钢板复合,用作坦克装甲,如美国M1主战坦克“钢+Kevlar+钢”型的复合装甲,它能防中子弹及破甲厚度约700mm的反坦克导弹,还能减少因被破甲弹击中而在驾驶舱内形成的瞬时压力效应。在随后的改进型坦克M1A1上的主装甲也采用Kevlar复合材料制造,可防穿甲弹和破甲弹。日本90式坦克的多层复合装甲采用了冷轧含钛高强度钢的两层结构,中间使用了包有芳纶的蜂窝状陶瓷夹层,并在内侧罩有轻金属,为日本独特的复合装甲结构,其抗弹能力与美国M1A1主战坦克相当,而用Kevlar-29、Kevlar-49和GF混杂的环氧树脂(EP)或不饱和聚酯树脂(UP)基复合材料模压制得的防护板,已用于M548弹药运输车的装甲防护。日本88式机械化步兵战车的炮塔也采用了由碳纤维(CF)和芳纶材料制成的复合装甲结构。美国陆军采用Kevlar纤维复合材料制造的防弹衬层,曾装备在M-113A3两栖作战人员装甲输送车内部结构的关键部位,这种衬层可对破甲弹、穿甲弹和杀伤弹的冲击和侵彻提供后效装甲防护,相似的衬层也装备在M2/M3布雷德利战车上。俄

国 BTR-90 装甲车、瑞士“锯脂鲤”III 装甲车和“锯脂鲤”IV 基型车及瑞典 CV90 履带式装甲战车族均采用树脂/芳纶复合材料作为防崩落衬层。此外,美国装备的“宙斯盾”防御体系的 DDG“伯克”级驱逐舰使用近 70 t Kevlar 纤维用于装甲防护。法国航母“戴高乐”号的关键部位、丹麦的 SF300 多功能舰艇也敷设了 Kevlar 装甲^[8]。

我国从 20 世纪 80 年代起先后开展了芳纶 I(芳纶 14)、芳纶 II(芳纶 1414)和芳纶 III 的研制,但均未能规模化生产,很多院校和研究等研究机构开展了 Kevlar 系列产品的研究。中国兵器工业集团第五三研究所研发出多种树脂/芳纶复合材料装甲板^[9]。其中,树脂/FC-017 芳纶复合材料夹层板和树脂/FC-018 芳纶复合材料装甲分别采用高性能芳纶、改性 EP 和特种抗弹树脂/高性能芳纶为原料,采用模压工艺制备而成,均可作为重型复合装甲夹层材料,提高复合装甲抗穿甲弹、破甲弹的能力。

4 树脂/芳纶复合材料抗弹性能的影响因素分析

4.1 纤维类型和编织方式的影响

高性能的芳纶纤维是制备具有优异抗弹性能的复合材料的关键。自从 20 世纪 70 年代杜邦公司开发成功 Kevlar 纤维之后,美国、前苏联、荷兰、日本以及我国都在研制具有抗弹性能的高性能芳纶纤维。纤维自身的防弹性能可用下式表示: $R^2 = W \cdot C$, R 为防弹性能指标; W 为纤维断裂能; C 为纤维的理论轴向声速,由纤维的模量、密度和排列方式决定。就单丝而言, $C = (E/\rho)^{1/2}$, E 为纤维的拉伸弹性模量, ρ 为纤维的密度^[10]。复合材料在受到弹丸侵彻时,冲击波的传播速度和纤维的模量有直接关系。不同厂家和不同牌号的芳纶纤维的抗弹性能并不相同,美国杜邦公司和日本帝人公司的芳纶纤维性能较为优异。

芳纶纤维在受到弹丸侵彻的不同部位上,其破坏方式是不同的,接近弹着点的部位主要是剪切破坏,而较远的部分主要是拉伸破坏。随着对树脂/芳纶复合材料抗弹性能研究的逐步深入,研究人员逐渐得知纤维织物的编织方式对复合材料的抗弹性能有很大的影响,并总结出很有价值的规律,各种编织结构的织物制成的复合材料的抗弹性能优劣顺序为无纬布 > 篮纹 > 缎纹 > 平纹^[11-12]。

织物的抗弹性能差异主要是由织物的编织结构对载荷的响应快慢的差异造成的。无纬布是近几年发展起来的织物形式,纤维呈单向排列,有利于弹着瞬间所产生冲击波的迅速扩散,产生协同抗弹效果。另外,无纬布一般是经过缠绕成型,与其它机织物相比,避免了纤维在编织过程中的部分损伤,抗弹性能明显优于其它的织物形式,大量报道也证实了这种说法^[13-14]。传统的编织物受到弹丸冲击时产生的冲击波或张力波通过织物的纱线向周围传播。有利的方面是由于纱线的交错使冲击波在很大范围扩散,使能量在较大的面积上被吸收;不利的方面是由于在纤维的交错点反射部分冲击波,反射波的振幅和冲击波的振幅相同,造成波的叠加,容易使纤维断裂。

4.2 树脂基体的影响

树脂基体是复合材料充分发挥抗弹性能和可设计性的重要设计因素,也是保证复合材料根据不同应用场合发挥最大效能的关键。不同的树脂基复合材料在装甲防护的不同领域发挥不同的作用。常用的热固性树脂主要包括 EP、酚醛树脂(PF)、聚酯和 UP 等。这类复合材料的抗弹性能一般,但是结构性能优异,可以根据特殊的使用场合选择合适的树脂体系,十分适合具有“抗弹+结构”组合功能的结构复合材料,如坦克车辆的舱门、舱盖、车体等。该类型复合材料的主要缺点是制备工艺成本高,生产效率相对较低。热塑性树脂体系大多为成型工艺简单、强度相对较低、弹性模量相差 1~2 个数量级的热塑性刚性或柔弹性树脂体系。典型的柔弹性体系包括各种热塑性弹性体树脂体系(如 SBS、PIB、PUR)。这类体系与传统的抗弹复合材料体系相比具有更高的抗弹性能和抗损伤能力(抗多发弹侵彻能力)。主要缺点为粘接强度低、分层严重。从 20 世纪 80 年代至今,大量专利报道了采用新型热塑性弹性体树脂体系具有优良的抗弹防护性能,其防护性能比热固性树脂基复合材料提高约 60% 以上,并比一般的热塑性树脂基复合材料提高 20% 左右。其中采用的热塑性弹性体包括苯乙烯的各种嵌段共聚物(包括 SBS 及其改性体系)、(乙烯/丙烯)共聚物(乙丙橡胶)、PUR-T 弹性体、热塑性丁基橡胶、聚异丁烯等。

国内的熊杰等^[15]研究了 PF/芳纶复合靶板的准静态侵彻过程,分别比较分析了不同类型的纤维织物与热固性树脂/芳纶和热塑性树脂/芳纶复合材料的破坏模式。实验结果表明,在纤维材料和编织结构相同时,热塑性树脂/芳纶层压靶板比热固性树脂/芳纶的层压靶板有更大的变形并能吸收更多的能量。杨小兵等^[16]研究了树脂/芳纶复合材料厚度相同时,采用热塑性树脂基体且树脂用量较低时,树脂/芳纶复合材料靶板对球形模拟弹有很好的防护效果。

4.3 成型工艺的影响

芳纶抗弹复合材料的成型工艺主要有模压成型、长丝缠绕成型、手糊成型、袋压成型(包括真空袋压、加压袋法、热压罐法)等。模压成型是最常用的方法,生产效率高,制品尺寸精确,表面光洁,价格相对较低,容易实现自动化和机械化。长丝缠绕成型适用于有抗弹要求的结构件的制备,它可以按照制品承受应力的特点设计纤维的缠绕规律,比强度高,易于实现自动化,制品质量稳定,在同一制品上可以与若干纤维或者树脂基体配合使用。手糊成型适用于热固性树脂体系,基本不占用任何设备,能够成型大尺寸、不规则形状的制品,也可以配合袋压工艺,缺点是制品尺寸难以精确控制,对操作人员要求比较高。袋压工艺适用于各种构件,模压法不能生产的复杂制品及需要两面光滑的中小型制品。

不同成型工艺及不同成型工艺参数都会对芳纶抗弹复合材料的抗弹性能造成影响。郭泓等^[17]采用模压工艺制备了芳纶复合材料,利用 DSC、DMA 试验方法,通过引入 Kissinger 公式,确定出适合芳纶抗弹复合材料树脂基体的固化

反应动力学和固化工艺参数;根据经验公式确定的成型压力、树脂含量、成型时间范围设计正交实验,分别考察成型温度、保温时间、成型压力、后处理温度对抗弹性能的影响,认为PF/芳纶体系的最优成型工艺参数为:成型压力3 MPa、成型温度160℃、成型时间40 min、后处理温度200℃。张佐光等^[18-19]以Twaron纤维织物为增强材料制备芳纶复合材料,研究了不同树脂基体、不同树脂含量、不同固化压力对芳纶复合材料抗弹性能的影响,认为芳纶抗弹复合材料与结构复合材料的基体不同,不仅要求与芳纶的结合较好,而且要求有较高的剥离强度,缩丁醛体系与聚乙烯体系较好;芳纶抗弹复合材料的树脂含量比芳纶结构复合材料的树脂含量要低,一般13%~18%为宜;固化压力对靶板的抗弹性能影响较大,合适的成型压力范围是2~3 MPa。

4.4 纤维织物混杂的影响

一般意义上的混杂纤维增强复合材料具有单一复合材料不具有的良好性能,如可提高强度、刚度、韧性等。纤维增强复合材料可变动的参数较多,但并不是任意树脂基体、任意纤维及其体积分数都可以获得良好的正向混杂效果。混杂纤维增强复合材料在获得正向混杂效应的同时也有可能出现负的混杂效应而使某些性能下降。所以必须寻求最佳的混杂方式,才能获得正向混杂效果^[20-22]。

防弹纤维织物的组合方式对复合材料防弹性能的影响较大,通过选用合适的纤维混杂组合方式可以制备综合性能较好的防弹复合材料。由于防弹复合材料在受到弹丸侵入的不同部位上,其破坏方式不同,接近弹着点的部位主要是剪切破坏,而较远的部分主要是拉伸破坏,故对纤维的性能要求也是不同的。在设计混杂纤维增强防弹复合材料时应该将抗压能力强的纤维放置在迎弹面,而将拉伸强度高的纤维织物放置在背面,以充分发挥纤维的性能。

M. Grujicic等^[23]采用CF和芳纶的混杂组合制备轻质混杂纤维复合材料。CF和芳纶纤维的数量及堆积效应对其抗弹性能有很大影响,通过实验结果和理论分析证实对于一定厚度的CF和芳纶纤维混杂结构存在最优的结构组合,使其有最佳的抗弹性能。朱锡等^[24]研究了Kevlar纤维和短GF(S-GF)的不同纤维状态和混杂模式对复合材料抗弹性能的影响,通过两组复合靶板的穿甲实测证明Kevlar用作靶板的背面,使其在弯曲变形中只受拉伸、不受压缩,可以避免其压缩强度低的特点。在迎弹面采用S-GF,可以充分发挥其压缩强度高的特点。梅志远等^[25]通过对三种层间混杂层合板结构的抗弹效率进行了实验研究,认为在弹道侵入下层合板结构横向纤维层存在吸能变形模式和抗弹机理的差异,即存在厚度效应。由于厚度效应的存在,高速冲击下混杂结构具有优化设置问题,将GF置于面层,芳纶置于背层具有最佳的抗弹效率。熊杰等^[26]也研究了芳纶混杂高强维纶(PVAL)抗弹复合材料的防弹性能,当PVAL纤维混杂体积分数小于20%时,混杂芳纶抗弹复合材料靶板几乎可以获得单一芳纶抗弹复合材料靶板相近的防弹能力。

5 芳纶抗弹复合材料抗弹性能表征及防弹机理分析

5.1 芳纶抗弹复合材料的抗弹性能表征

抗弹复合材料的抗弹性能的表征方法是通过测试复合材料靶板在一定条件下对特定弹丸的防护能力来实现的。目前国际、国内公认的表征评价方法有 V_{50} 法、比吸收能法(SEA)两种。 V_{50} 法是通过测定一定面密度的抗弹复合材料靶板在贯穿/防住的概率为50%时弹丸的入射速度。该法能比较直观地反应材料的抗弹性能。比吸收能法是建立在 V_{50} 法基础上的一种测试方法。这种方法是通过对 V_{50} 值计算中的弹丸的入射能量与抗弹复合材料靶板面密度的比值而得到,能够避免材料因为面密度的不同造成的抗弹性能的差异。

抗弹材料的抗弹性能的测试标准较多,这些方法大多是限制某些制品、针对某些弹道发射物的抗弹性能进行规范化测试。

GJB 59.18-88 装甲车辆试验规程:装甲板的抗弹性能实验,适用于各类装甲板抗弹性能的实验和验收,主要以弹击后的裂缝能否通过煤油为依据划分为8个损伤级别。

WJ 2101-93 装甲和WJ 1908-90 装甲抗枪弹能力的评定方法,分别适用于均质装甲、特种装甲对枪弹、穿甲弹和破甲弹的防御性能评定。

NATO的STANGNAC标准、GA 141-1996 警用防弹衣通用技术条件及美国司法协会的NIJ 0101.03 警用防弹衣标准,适用于人体防护防弹用品的表征。

中国兵器工业集团第五三研究所制定的企业标准Q/CC 206-95 纤维增强复合材料抗碎片模拟弹实验方法—— V_{50} 法,主要考虑纤维增强复合材料的抗碎片模拟弹的比吸收能,对芳纶抗弹复合材料的测试结果通用性较好。

5.2 芳纶抗弹复合材料抗弹机理分析

复合材料抗弹机理研究是抗弹复合材料应用研究发展的基础。目前针对机理的研究主要是从复合材料的冲击响应、破坏机理和能量吸收等方面进行的,研究主要采用理论分析法、实验分析或简化模型法和数值模拟方法等^[27-31]。

H. L. Gower等^[32]对Kevlar-29、Kevlar-129复合材料层合板的冲击响应进行了深入研究,分析了采用尖头弹和钝头弹对复合材料的不同的破坏机理。N. K. Naik等^[33]通过冲击波理论分析了纤维增强树脂基复合材料的抗弹机理,认为在弹丸冲击过程中纤维的破坏和能量的吸收是不同的,纤维增强复合材料背面的纤维织物为圆锥形的破坏方式,在侵入过程中最前面的部分是剪切张力破坏,往后依次是变形破坏、基体断裂和摩擦破坏等,并给出理论的预测公式,通过具体的弹道实验进行了验证。国内张佐光等^[18]在抗弹机理方面也进行了一些研究。认为芳纶抗弹复合材料靶板的弹击破坏形式可以分为脆性分裂型、变形凸起型和充塞侵入型三类。随着研究的深入,认为纤维增强复合材料的抗弹性能和靶板的面密度有一定关系,靶板的破坏形式有一定的多阶段性,迎弹面为冲塞破坏(垂直靶面的剪切破坏),背面主要为

拉伸破坏。冲击波对复合装甲的破坏程度和方式受到一些因素的影响, 采用吸波层可以减弱冲击波对材料本身的破坏程度。周耀权等^[34]初步研究了冲击波破坏装甲的形式和机理, 并从防止冲击波振荡叠加的角度提出一些提高复合装甲防弹性能的措施, 试验结果表明, 使用吸波层使复合装甲的防弹性能有了明显的提高。贺成红等^[35]研究了抗弹复合材料的冲击吸能与动态粘弹特性, 通过高载动态热分析仪分析了多种纤维的动态粘弹性的载荷敏感性, 反映出材料宏观冲击性能与其微观结构特性的粘弹性能的相关性。梁子青等^[36]提出弹击过程实际上是靶板对弹丸冲击的响应过程, 根据靶板冲击响应不同的特点, 响应过程分为高速压缩、剪切破坏、拉伸破坏、“背凸”形成和靶板的回弹五个阶段。“背凸”现象实际上是复合材料吸收能量的一种方式, 和文献^[37]报道的情况一致。

6 结语

目前芳纶抗弹复合材料在装甲防护及人体防护等领域已得到广泛的应用, 但其研究仍然面临一些问题: (1) 相同防护能力前提下如何更好地降低成本问题; (2) 与新型高性能防弹纤维混杂制备防弹复合材料时界面与相容性的问题; (3) 防护性能的提高和整体面密度增加形成矛盾问题。

随着占优势地位的美国杜邦、日本帝人等公司逐年提高芳纶纤维的产能, 同时俄罗斯、韩国及国内众多厂家积极投入芳纶纤维的研发和扩产, 芳纶纤维的性能和生产规模进一步提高, 将逐渐缓解对芳纶纤维日益增长的需求及成本降低的问题。到目前为止, 已有大量芳纶抗弹复合材料的制备工艺、防弹能力及其防弹机理被提出, 这些研究内容涉及许多创新性的研究方法, 并得出了一些有意义的结论。可以预计随着高性能原材料及其制备方法的不断改进, 芳纶纤维、PBO 纤维和聚芳酯纤维等的协同作用, 无纬片的结构形式对复合材料的力学性能和防弹性能的影响, 芳纶抗弹复合材料整体响应机理将得到进一步研究, 芳纶抗弹复合材料研究面临的问题将逐步得以解决, 使芳纶抗弹复合材料在装甲防护及人体防护等领域能够发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 郑震, 等. 材料科学与工程学报, 2005, 23(6): 905-909.
- [2] 夏于旻. 内蒙古石油化工, 2006(9): 16-18.
- [3] Vickip, et al. Reinforced Plastics, 2006, 50(11): 20-25.
- [4] 沈峰, 等. 兵器材料科学与工程, 1999, 22(6): 53-54.
- [5] Fukatsu K. Polymer Degradation and Stability, 2002, 75: 479-484.

- [6] 王善元, 等. 纤维增强复合材料[M]. 上海: 中国纺织大学出版社, 1998: 11-31.
- [7] 韩辉, 等. 高科技纤维与应用, 2005, 30(1): 40-43.
- [8] 邵磊, 等. 高科技纤维与应用, 2007, 32(2): 31-34.
- [9] 金子明, 等. 纤维复合材料, 2002(1): 11-13.
- [10] 夏军佳, 等. 纤维复合材料, 2004(1): 18-20.
- [11] 袁克俭, 等. 工程塑料应用, 1995, 23(3): 40-42.
- [12] 郑威. 新型抗弹芳纶复合材料研制及其抗弹性能表征评价研究[D]. 南京: 南京理工大学, 1999.
- [13] 杨小兵, 等. 高科技纤维与应用, 2007(7): 20-23.
- [14] 梁子青, 等. 纺织学报, 2003, 24(3): 37-39.
- [15] 熊杰, 等. 材料科学与工程, 2003, 21(1): 26-29.
- [16] 杨小兵, 等. 化工新型材料, 2007(2): 35-36.
- [17] 郭泓, 等. 玻璃钢/复合材料, 2002(4): 30-32.
- [18] 张佐光, 等. 北京航空航天大学学报, 1995, 21(3): 1-5.
- [19] 张佐光, 等. 复合材料学报, 1998(2): 75-82.
- [20] Corria J R, et al. Composite Structures, 2007, 77(1): 66-78.
- [21] Avci A, et al. Composite Science and Technology, 2006, 66(15): 2965-2970.
- [22] Yeo Dongmin, et al. Optics Communications, 2006, 206(2): 388-393.
- [23] Grujicic M, et al. Applied Surface Science, 2006, 253: 730-745.
- [24] 朱锡, 等. 兵器材料科学与工程, 2000, 23(1): 3-7.
- [25] 梅志远, 等. 兵器材料科学与工程, 2005, 28(4): 38-40.
- [26] 熊杰, 等. 弹道学报, 2002(2): 33-38.
- [27] 张佐光, 等. 北京航空航天大学学报, 2003(6): 561-564.
- [28] 段小明. 动能弹侵彻装甲材料过程数值模拟研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2002.
- [29] 张巨香, 等. 弹道学报, 2002, 14(2): 23-28.
- [30] 杜忠华, 等. 兵器材料科学与工程, 2002, 25(1): 8-10.
- [31] 李树虎. 复合装甲抗弹性能显式有限元分析[D]. 济南: 山东大学, 2005.
- [32] Gower H L, et al. International Journal of Impact Engineering, 2007(7): 1-9.
- [33] Naik N K, et al. International Journal of Impact Engineering, 2006(32): 1521-1552.
- [34] 周耀权, 等. 复合材料学报, 2003, 20(4): 133-135.
- [35] 贺成红, 等. 北京航空航天大学学报, 2007(7): 851-855.
- [36] 梁子青, 等. 纤维复合材料, 2002(4): 6-9.
- [37] 李英建, 等. 工程塑料应用, 2006, 34(9): 5-7.

RESEARCH DEVELOPMENT IN ARAMID ANTIBALLISTIC COMPOSITE

Guo Zhongren, Du Wenzhe, Wang Shulun, Jin Ziming, Zhong Weihua

(CNGC Institute of 53, Jinan 250031, China)

ABSTRACT The research status of resin/aramid antiballistic composite was summarized and the sort and properties of the aramid fiber were introduced. The application, the characterization of property, the influence factors of antiballistic property and the antiballistic mechanism of aramid fiber antiballistic composite were also summarized. At the same time, the existent problem and future development of resin/aramid antiballistic composite were discussed and prospected either.

KEYWORDS aramid fiber, antiballistic, composite, mechanism, research development