

纤维增强复合材料汽车零部件产品应用 和工艺技术案例



Fiber Reinforced Composite Automotive Parts
and Manufacture Technology Application

提纲

- 一、复合材料应用于汽车工业的特点和优势
- 二、复合材料汽车零部件主要成型工艺和产品应用
 - (一) 大型部件成型：喷射、**RTM**、真空导入
 - (二) **SMC**模压/**BMC**注射成型
 - (三) **GMT**模压工艺
 - (四) **LFT**工艺
- 三、复合材料汽车部件需要重点研究的技术方向

一、 复合材料应用与汽车工业的特点和优势

- 1、 轻质高强，减轻汽车重量，提高燃油经济性
- 2、 可设计性强：材料性能可设计，成型方式灵活多样
- 3、 集成度高，容易实现多部件一体化，降低综合制造成本
- 4、 安全性高（高疲劳强度和低缺口敏感度）
- 5、 工艺灵活，变化多样

复合材料在汽车工业中的应用

1. 车身部件：包括车身壳体、硬顶、天窗、车门、散热器护栅板、大灯反光板、前后保险杠等以及车内饰件，典型工艺：**SMC/BMC、RTM**和手糊/喷射等
2. 结构件：包括前端支架、保险杠骨架、座椅骨架、地板等，典型工艺：**SMC、GMT、LFT**等工艺
3. 功能件：发动机气门罩盖、进气歧管、油底壳、空滤器盖、齿轮室盖、导风罩、进气管护板、风扇叶片、风扇导风圈、加热器盖板、水箱部件、出水口外壳、水泵涡轮、发动机隔音板等。典型工艺：**SMC/BMC、RTM、GMT**及玻璃纤维增强尼龙注射工艺等。
4. 其他相关部件：如**CNG**气瓶、客车与房车卫生部件、摩托车部件、特种车辆车身等。

1、复合材料大型汽车部件低压成型工艺

代表工艺：手糊、喷射、RTM、真空导入

工艺特点：

- 液态树脂湿法浸渍
- 可采用纤维织物铺层，铺层设计性强
- 可直接制作三明治夹芯结构，提供高刚度需求部件
- 采用复合材料模具，可直接成型大型部件：如重卡高顶、导流罩、客车车身部件以及整体车身

工艺优势：大型部件整体成型，模具成本低

工艺劣势：工艺过程复杂，人为因素的影响大

案例1：长头卡车引擎盖



原5个零件组成的发动机覆盖件



改进后的整体发动机覆盖件



分体式产品内部结构



整体化后产品内部结构



最终的装车状态



卡车发动机罩RTM生产线

案例2：重型卡车高顶成型工艺比较

可选择工艺方案

A 手糊成型工艺：

无需设备，工艺方法简单，劳动强度大，环境污染大，生产效率低

B 喷射成型工艺：

生产效率较高，环境污染大

C RTM工艺：

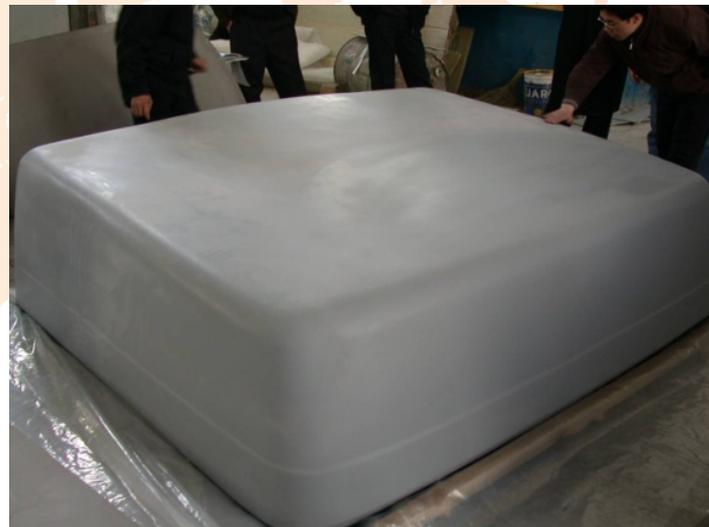
闭模成型、环境污染小，生产效率高，工艺复杂度高

D 轻质RTM工艺

闭模成型、环境污染小，采用真空导入，设备要求低



典型重卡高顶产品A



典型重卡高顶产品B

典型产品长宽深： $2.0 \times 2.2 \times 0.8$
产品表面积： $> 10\text{m}^2$



手工喷射成型



工业机器人自动喷射成型



重卡高顶喷射成型生产线

采用RTM
工艺制作
高顶产品



纤维铺层



合模



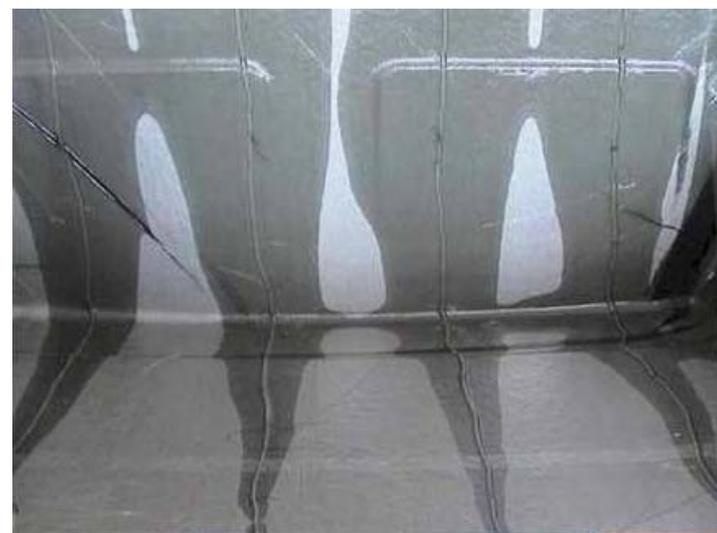
脱模



成品



采用高速RTM工艺生产高顶



采用真空导入工艺制造高顶



采用轻质RTM工艺
制造高顶





采用轻质RTM工艺制作导流罩

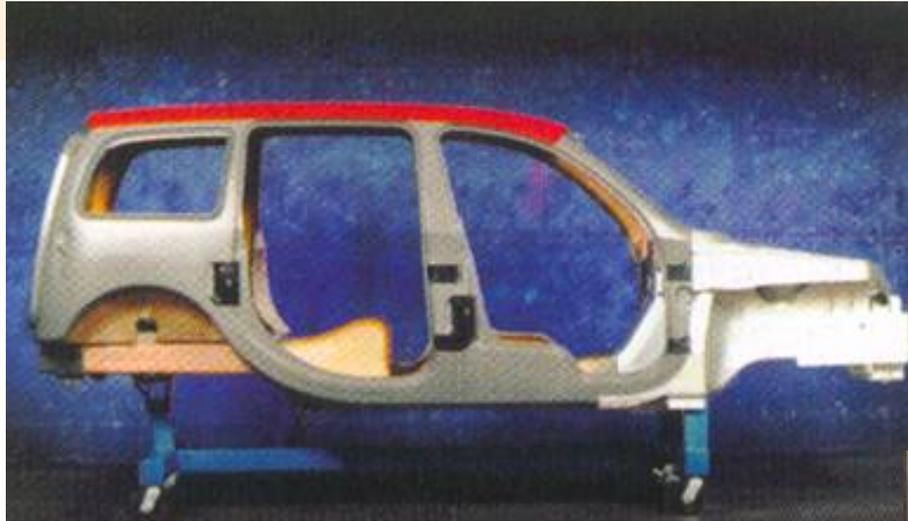


全复合材料车
身轿车，RTM
工艺制造

➤ 不均质的FRP材料由于内摩擦大，粘性大，振动衰减系数大，受冲击时能够吸收大量的冲击能，有利于保证人身安全，如FRP制造的汽车保险杠在一定程度上保护汽车损伤，并能满足有关安全方面的技术要求。

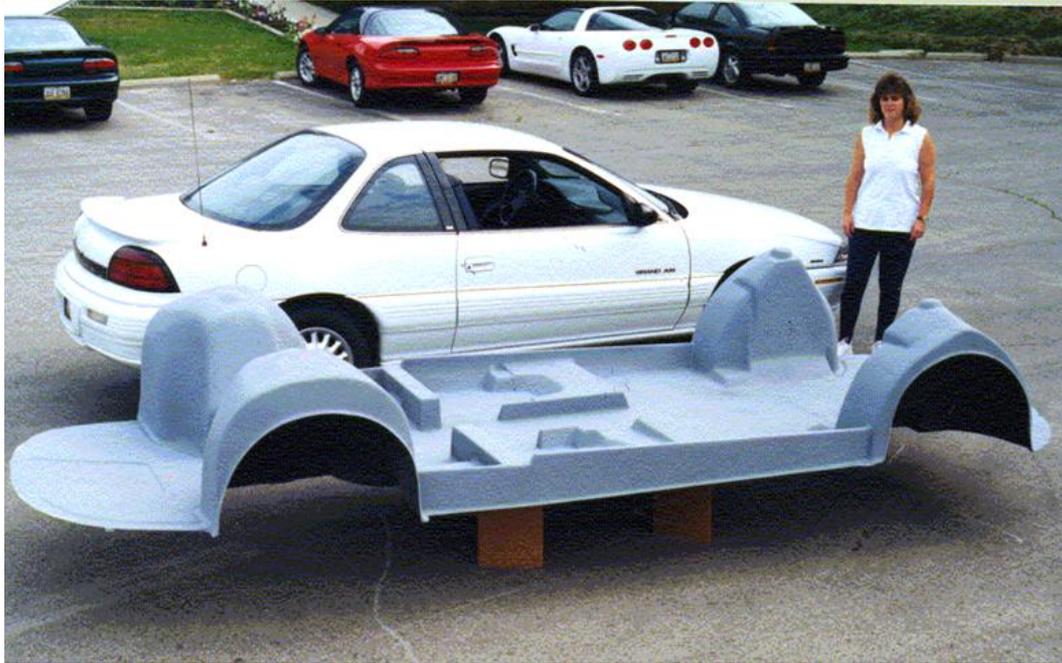


Ford Minivan



- 5个大型部件，RTM工艺制造
- 没有机械连接
- 减重30%
- 经过200,000 英里道路试验

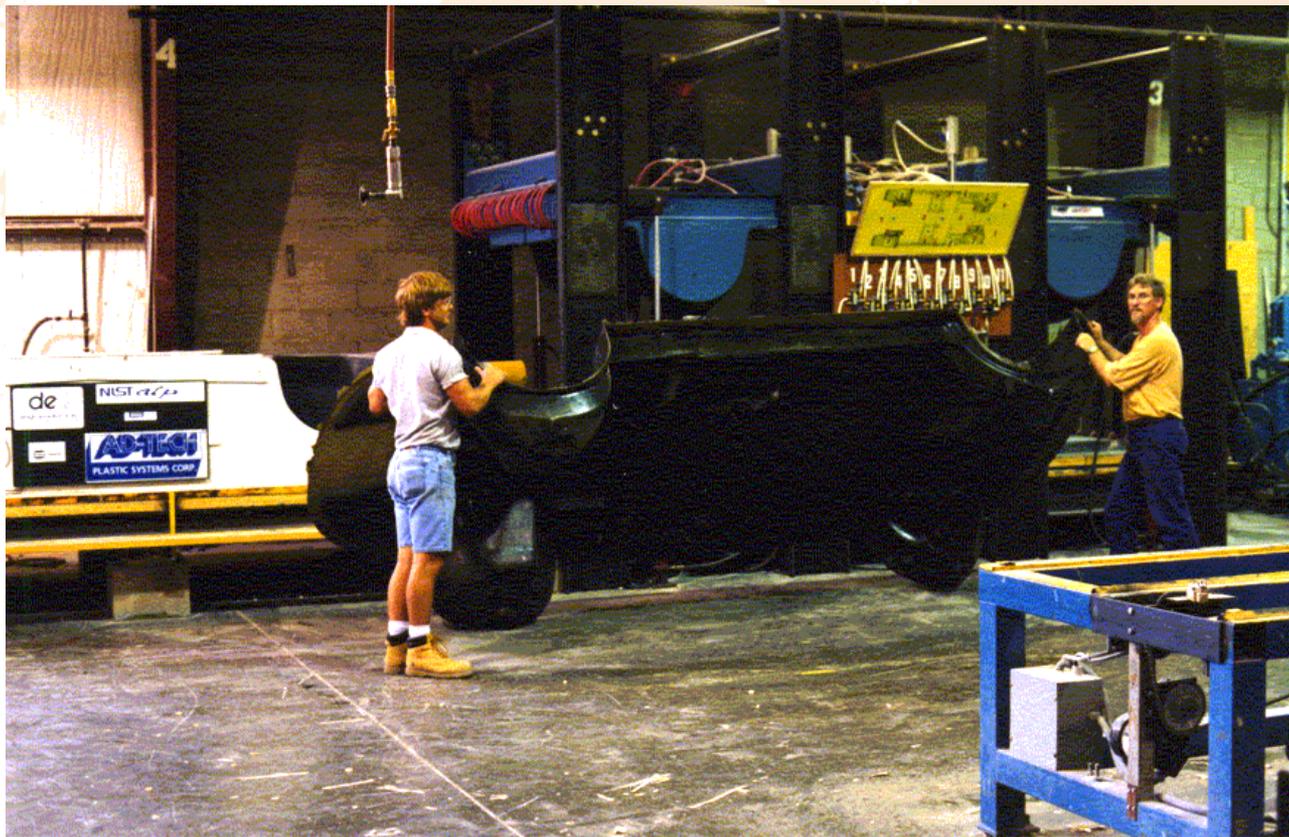




- 高效结构组合设计
- 前期模具和生产线投资低
- 结构设计适合LCM工艺制造
- 最优的加工设计

16 ft. single piece RTM chassis

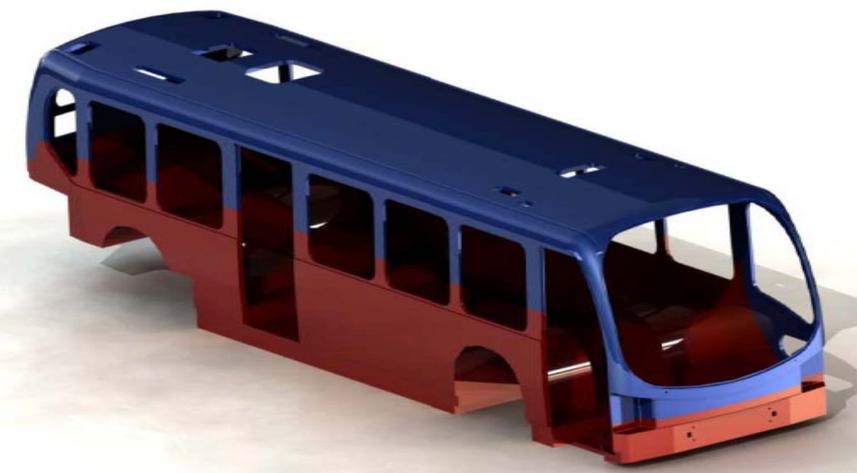
NIST ATP Project



RTM汽车底盘生产线设备



真空导入工艺用于整体客车车身的制造



CAD数学模型



用来翻制模具的母模



① 车身上部模具

② 车身上部产品

③ 上下两部分组装完成后的状态

（二）SMC模压/BMC注射成型工艺

工艺特点：

主要使用短切玻璃纤维增强、不饱和聚酯树脂为基体；

成型温度：140~160℃；

成型周期：60秒~10min

主要设备：液压机、注塑机

代表性的SMC汽车部件



BJ213后举升门



BJ213散热器面罩



② 重卡翼子板



⑦



SMC卡车部
件



反光灯罩 Lamp Reflector Covers

IBMC工艺制造

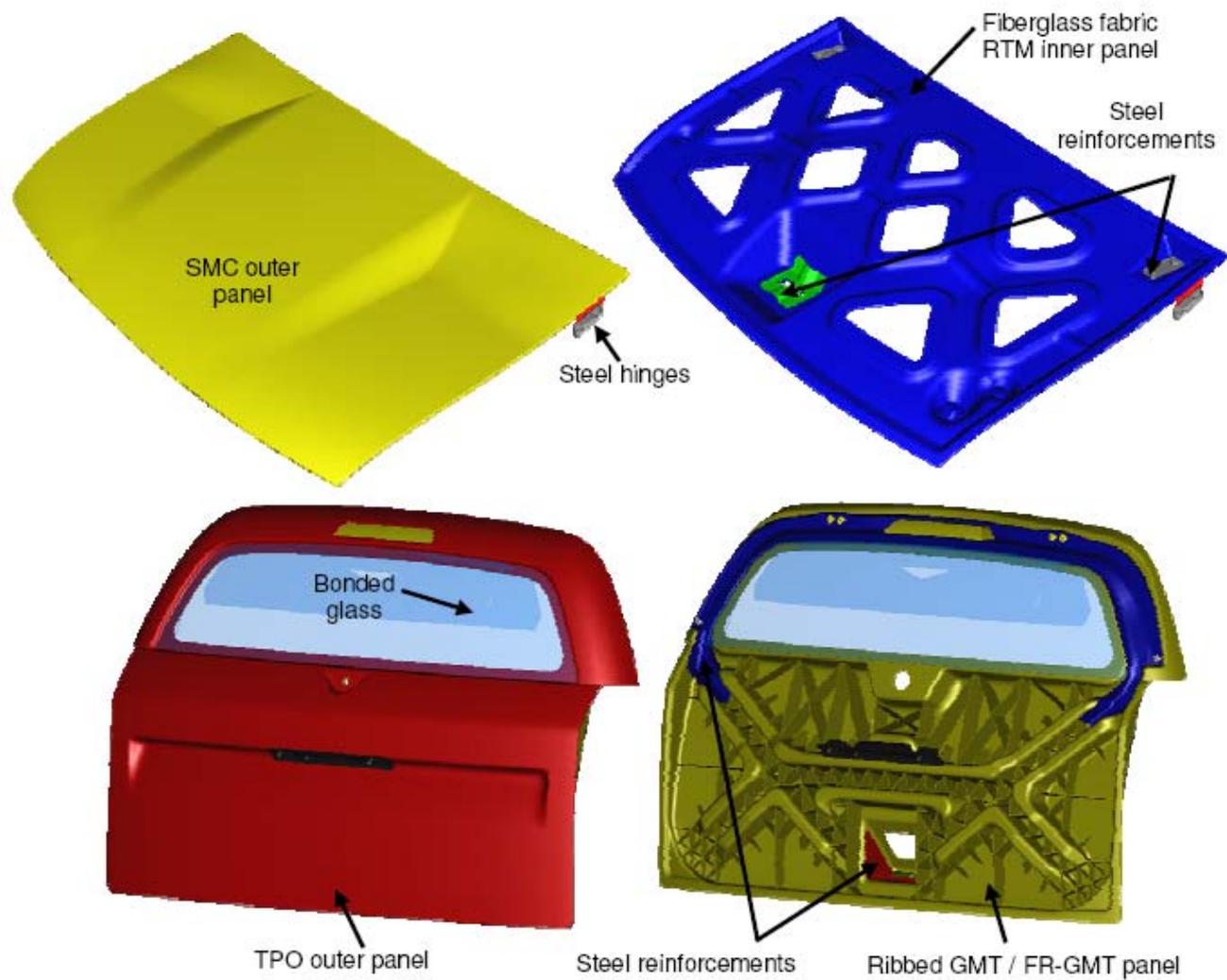


Figure 19: Hood and liftgate construction



复合材料轿车行李箱盖板

SMC工艺在卡车上的应用

SMC工艺部件

SMC applications on trucks

保险杠

■ Parts out of SMC

导流罩

进气隔栅

前面板

挡泥板

■ Front Panels

侧护板

■ Fenders

脚踏板

■ Side coverings

中部部件

■ Interior Parts



（三）GMT工艺

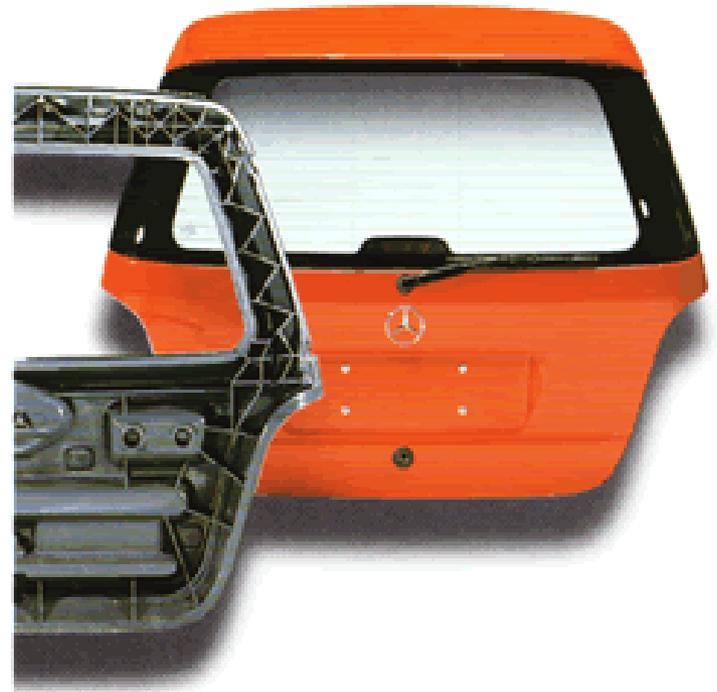
GMT——玻璃纤维毡增强热塑性聚合物（Glass Mat-Reinforced Thermoplastics）是一种以热塑性树脂作为基体，以玻璃纤维毡作为增强材料的复合材料，其基体可以是PP，PET，PBT，PC等，有特殊需要时，增强材料也可延伸为其它纤维织物。

世界上许多著名的汽车公司制造的汽车中都采用了GMT加工的零部件，主要是亚结构部件，如保险杠、前端部件、防噪罩、仪表板等。



奔驰汽车

奔驰汽车GMT后举升门





前端支架



后保缓冲梁



前保缓冲梁

2010/10/12 17:00

GMT保险杠防撞梁

传统的保险杠缓冲梁是由钢材或铝材制成，但是在以下几个因素影响下，金属材料正逐步被GMT所取代：

- (1)关于汽车减轻重量的要求递增。除降低能耗的原因外,零部件远离汽车重心位置,减重对降低惯性有利
- (2)更高的能量吸收要求:欧洲标准要求是在16 km/h的速度下进行冲击测试
- (3)可控制的破裂:在高速(65~80 km/h)下零件的完整性和稳定性,在这个速度范围内主要是变形。

GMT保险杠防撞梁

采用GMT成型能够减重30%以上，同时具有一定的成本优势。

国内使用GMT防撞梁的典型车型：

索纳塔（前/后防撞梁）；新途胜（后防撞梁）；悦动（后防撞梁）

乐风（后防撞梁）；标志207（前防撞梁）



标致207前防撞梁

欧洲车典型的
防撞梁产品

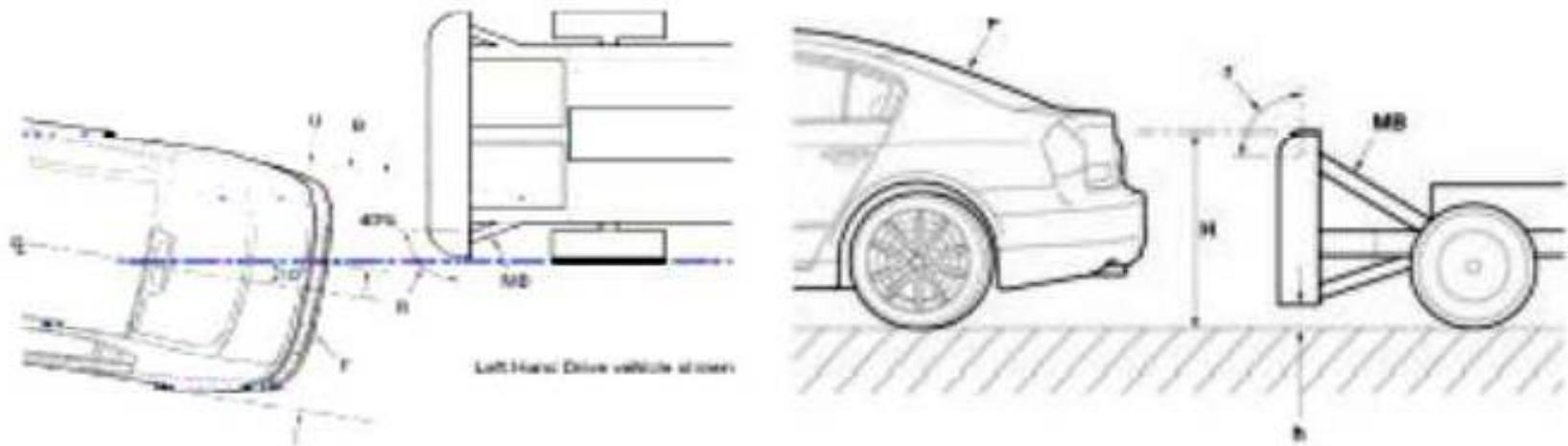


表4-1 ECE R42的试验方法

Table 4-1 ECE R42 Test Method

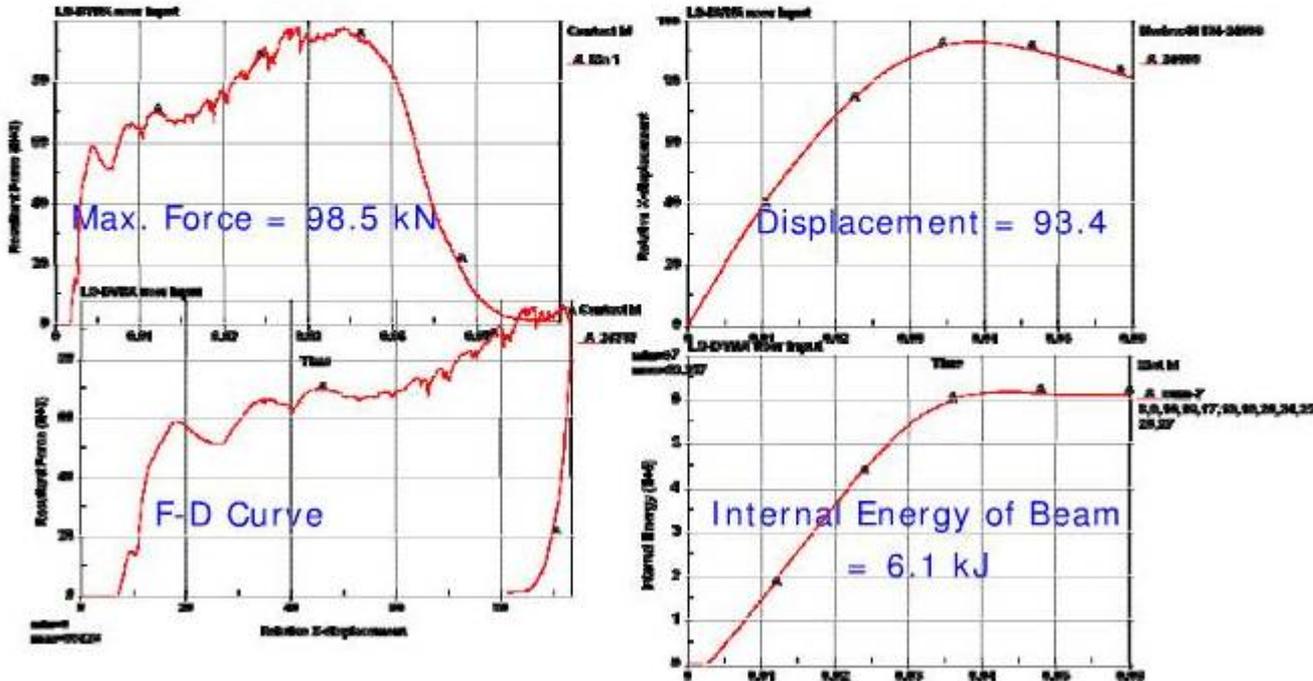
碰撞角度	摆锤速度	摆锤位置	摆锤质量
0°	4 km/h	Y: 摆锤中心位置对准车辆 Y0 断面; Z: 距地面 445 mm	整车整备质量
0°	4 km/h	Y: 摆锤中心位置对准车辆 Y0 断面+300 mm; Z: 距地面 445 mm	整车整备质量 +75X3KG
60°	2.5 km/h	Y: 摆锤中心位置对准车辆 Y0 断面; Z: 距地面 445 mm	整车整备质量
60°	2.5 km/h	Y: 摆锤中心位置对准车辆 Y0 断面; Z: 距地面 445 mm	整车整备质量 +75X3KG

欧洲关于防撞梁的低速碰撞摆锤试验方法



RCAR法规标准，移动壁障40%偏置碰撞方法

	最大应力 (KN)	最大变形 (mm)	内能 (KJ)
GMT Beam	98.5	93.4	6.1
Steel Beam	131.7	127.4	5.5



GMT缓冲梁与金属缓冲梁的模拟仿真对比

GMT产品： GMT补强制品与钢铁比较

✓ 减重：

Peugeot 407 = 2.4 kg GMTex-GMT

Citroën C5 = 5.0 kg 钢

Peugeot 307 = 7.0 kg 钢

✓ 两个不同车型使用同一个梁

✓ 价格降低：10%

✓ 投资减少：40%



几字
结构

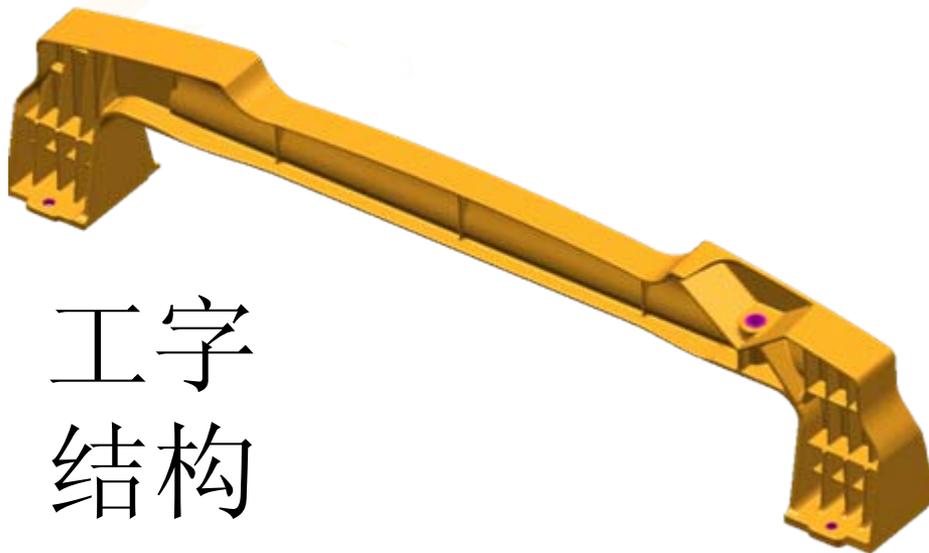
创新

❖ 为Allianz test 的单件大梁
(能量吸收 + 防撞大梁 + 固定金属板)
与牵引钩整合

Citroën C5 sedan 升级 (Sept 2004)的后保险杠大梁

项目条件:

- ✓ 以**GMT**材料替换**Citroën C5 sedan**的金属保险杠大梁
- ✓ **500** 件/天



革新:

- ❖ 第一个用**GMT**做的满足**Allianz**测试的**H**大梁
- ❖ 用一个件做成的满足**Allianz**测试(16 km/h)的后保险杠大梁
- ❖ 牵引钩与大梁连接在一起
- ❖ 零件只重**3 kg**, 用**GMT**; 之前金属达**5**公斤

GMT补强产品典型材料性能

检验项目	单位	检验结果	测试方法
拉伸强度	MPa	222	GB/T1447-2005
拉伸模量	MPa	13700	GB/T1447-2005
断延率	%	1.9	GB/T1447-2005
弯曲强度	MPa	220	GB/T1449-2005
弯曲模量	MPa	9500	GB/T1449-2005
冲击强度	KJ/M2	60	GB/T1451-2005
收缩率	%	0.25	ISO2577
密度	g/cm ²	1.28	GB/T1463
热变形温度	℃	155	ISO75-2

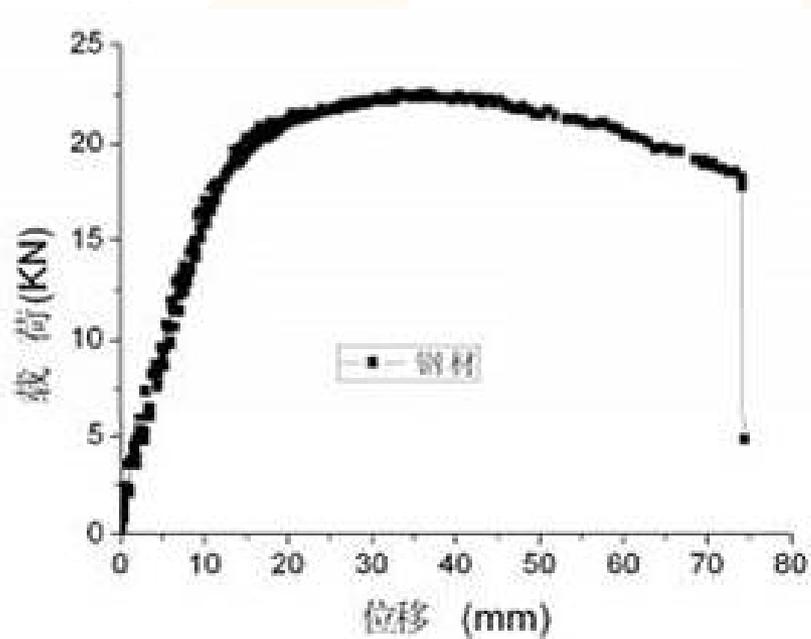


图2 钢材保险杠缓冲梁试验装置 (Polo)

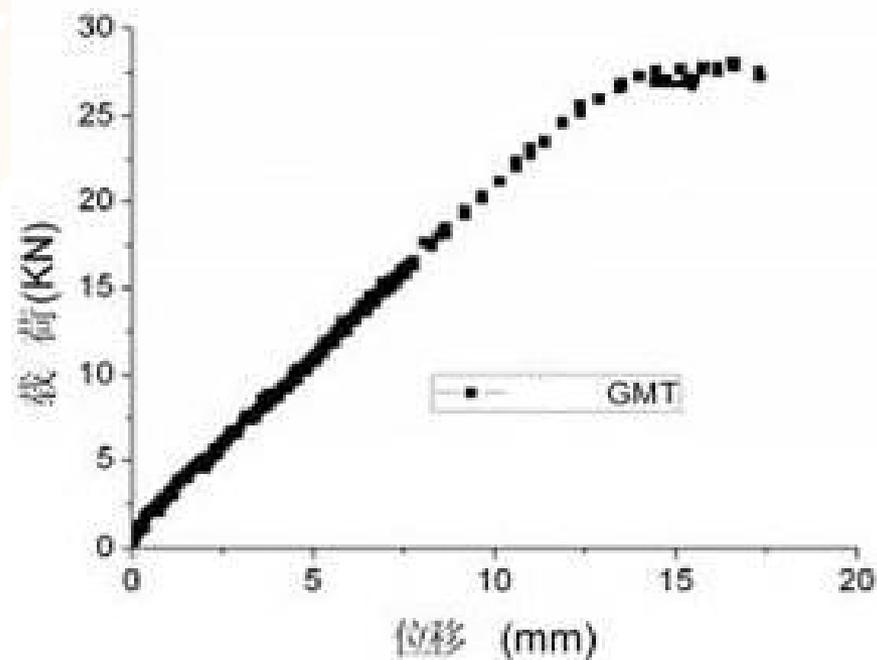


图3 GMT保险杠缓冲梁试验装置 (东方之子)

产品的测试数据



金属保险杠缓冲梁试验力-位移曲线



GMT保险杠缓冲梁试验力-位移曲线

(四) LFT工艺

LFT (Long fiber reinforced thermoplastics) ——长纤维增强热塑性塑料，通过挤压模塑制得，物料中纤维长度可大于20mm，产品中的平均纤维长度可达10mm以上。



LFT纤维增强粒子，
或用于与金属复合，
国内应用较多



LFT-G长纤维增强粒
子，国内应用较多

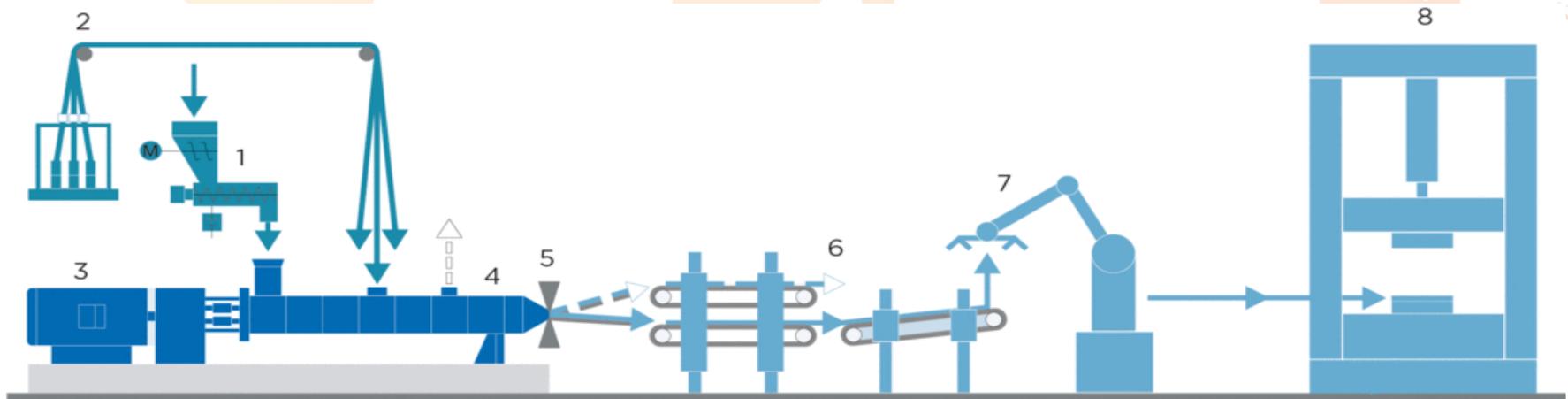


LFT-D/ILC——直接加工长
纤维增强热塑性塑料，



在线式的LFT成型有两种典型工艺设备：

在线式混炼 模压 工艺



D-LFT Process for the production of long fiber reinforced thermoplastics

1 Polymer and Additives | 2 Rovings | 3 Twin screw compounder ZSK | 4 Degassing | 5 Cutter | 6 Separating Unit | 7 Robot | 8 Press

在线式混炼注塑工艺：

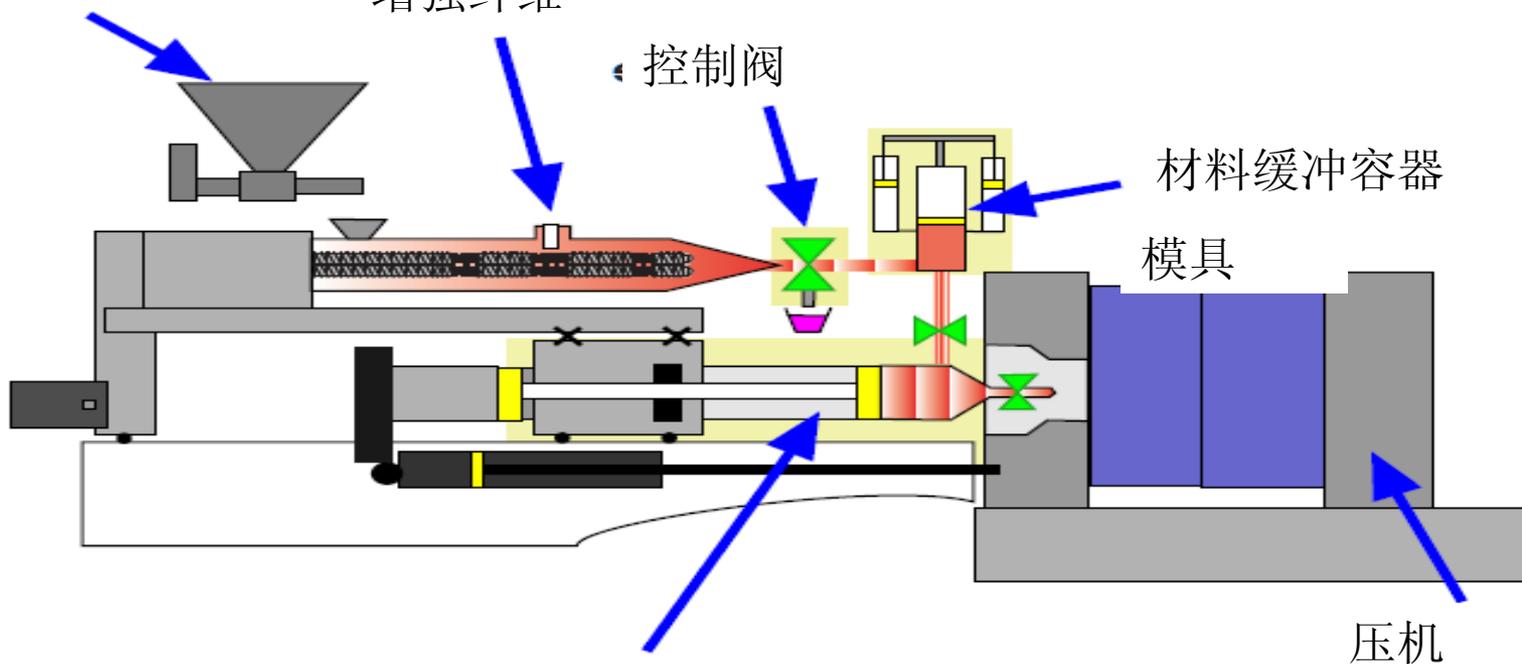
聚合物及助剂

增强纤维

控制阀

材料缓冲容器

模具



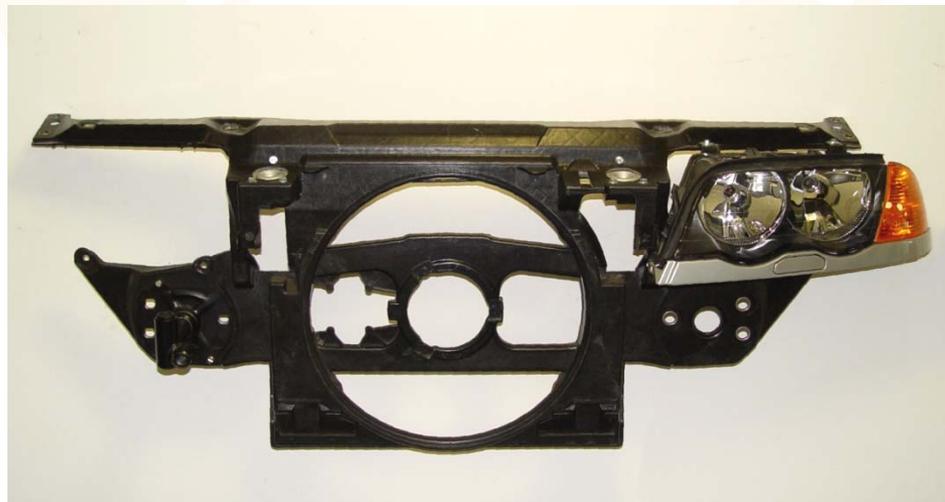
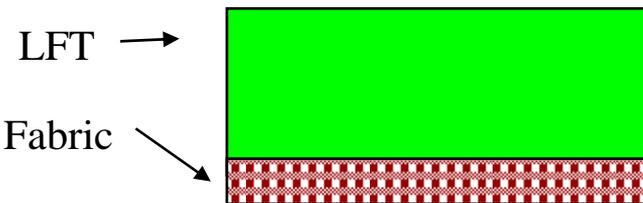
挤塑头

压机

特征LFT → 调整LFT的力学性能 → 代替金属制作结构部件

重要参数:

- 每层纤维的方向性
- 增强织物和LFT的体积比(每层的厚度)
- 每层的性能
- 加工参数



由Tailored LFT(特征LFT)制成



Honda Accord 保险杠横梁



Mercedes-Benz C-Class
座椅骨架

Dodge Viper
座椅骨架

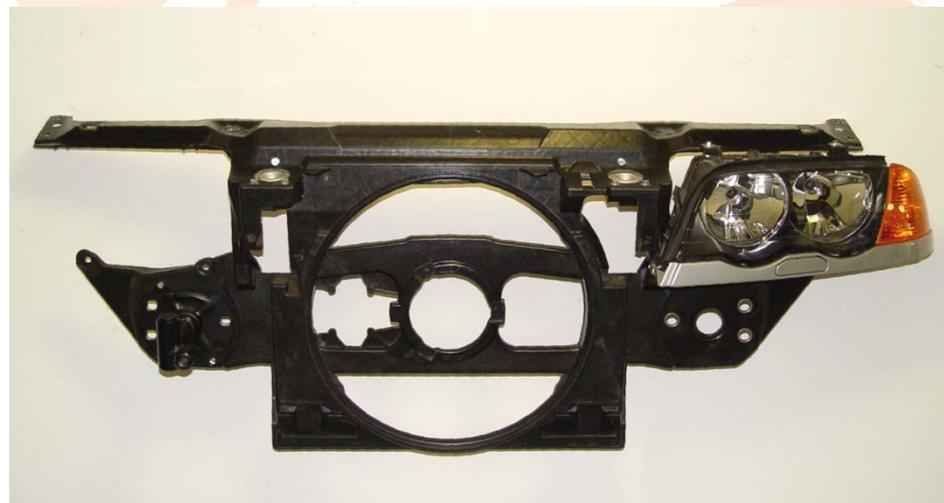
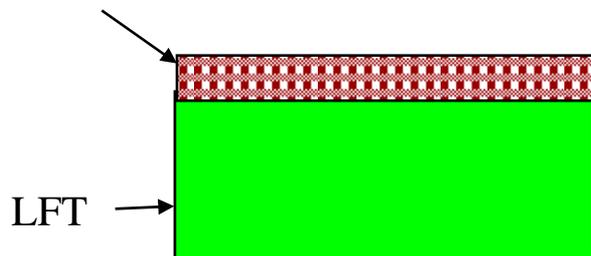


特征LFT → 调整LFT的力学性能 → 代替金属制作结构部件

重要参数:

- 每层纤维的方向性
- 增强织物和LFT的体积比 (每层的厚度)
- 每层的性能
- 加工参数

Fabric



由Tailored LFT(特征LFT)制成



Fig. 5. Fibre-reinforced frontends produced by the injection moulding compounder show outstanding fracture behaviour

背
门
内
板



门
内
板



仪表板骨架

代表性的LFT汽车部件

三、复合材料汽车部件需要重点研究的技术方向

1、复合材料汽车部件产品设计技术

汽车
部件
设计

功能要求:机械性能、物理性能

安装结构:尺寸精度、配合公差

制造工艺特性

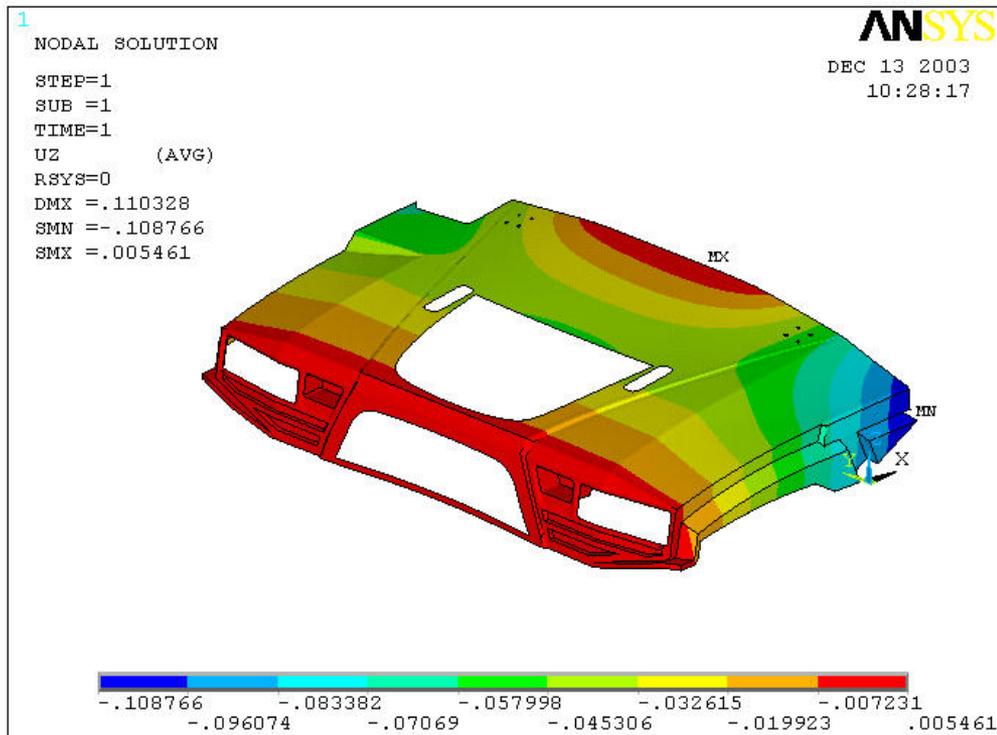
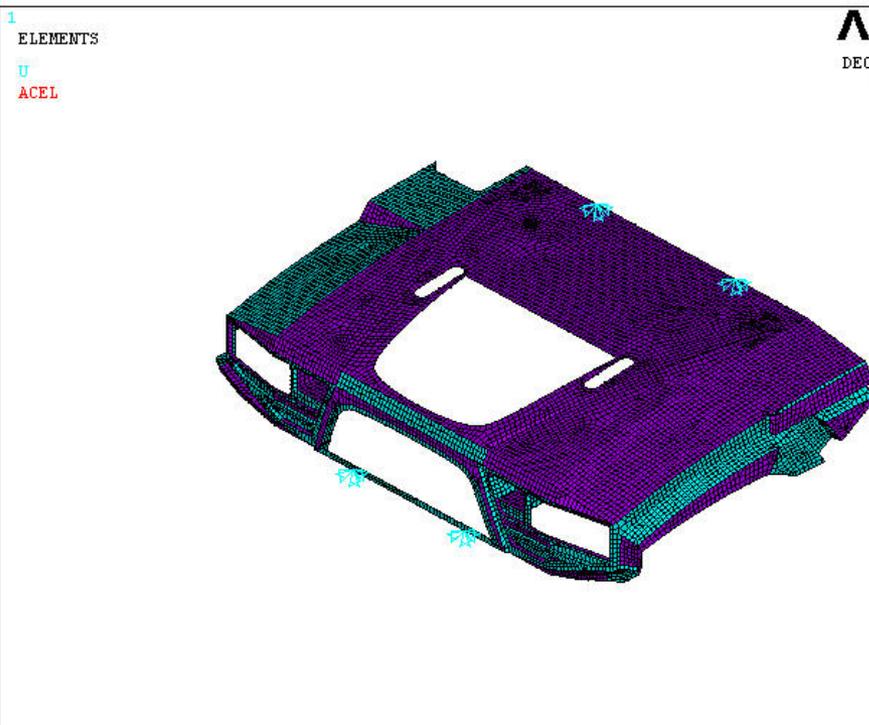
环境稳定性

制造可靠性

2、计算辅助设计分析模拟技术

计算、模拟分析软件的应用

ANSYS, ABAQUS, etc.

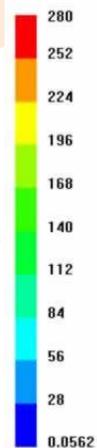


轿车行李箱后盖成型过程模拟

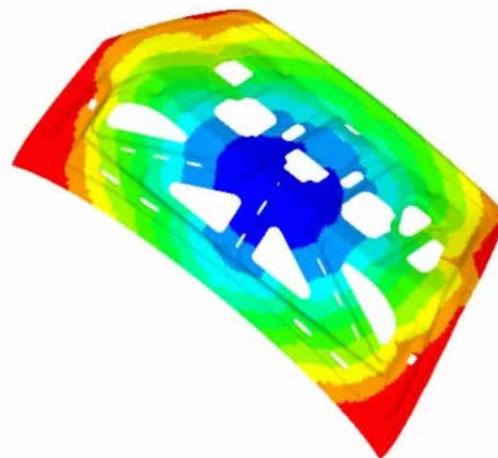


产品有限元模型

Filling_Times



Time : 0 s.



产品成型过程模拟

3、成型工艺技术

- ◆ SMC模压工艺技术：

高表面质量（A级）SMC材料、模压工艺以及模内涂层技术
快速增稠技术、自动化裁剪铺放技术

- ◆ LFT工艺技术

成型工艺装备

产品设计技术、模具设计技术

成型工艺技术

- ◆ 大型部件整体成型技术

轻质RTM、真空导入技术



Thank You !

主讲人：高国强
公司：北京中材汽车复合材料有限公司
电话：010-61162048
传真：010-61163250
电子邮件：gaoguoqiang@sinoma.cn
公司网址：www.autocomposites.com.cn