

粉末冶金与汽车

北京市粉末冶金研究所

PDC

前 言

我国汽车制造业的发展，取决于汽车运输在国内交通运输业中的地位和比重，党的“十二大”已把交通运输列为今后二十年（1980—2000）经济发展的战略重点。

目前从世界范围来看，汽车运输在整个交通运输中的比重和地位不断提高，甚至占了主导地位。

随着我国国民经济的发展，汽车供不应求的矛盾日趋明显——汽车工业的发展速度不能适应新形势的要求。特别是随着交通运输结构的改变，公路（包括未来的高速公路）运输地位的提高，公路集装箱运输已成为现代经济生活中不可缺少的重要手段。在这种情况下，汽车不但担负着农村运输，城乡间运输，还承担着城市内运输，以及站、港集散运输的繁重任务。在不通火车的地方，汽车运输线实际上就是一个大“动脉”。另一方面，随着农村商品经济的发展，广大农村已掀起了购买汽车的热潮。许多农民腰缠万元，千里迢迢来到汽车厂买汽车，但往往却不是人人都能满意而归。农民买车难，已成为全社会瞩目的大事，农民对汽车的需求，已远远超过了对大、中、小拖拉机和手扶拖拉机的需要。

一向与汽车工业关系紧密的粉末冶金工业，也在密切注视着汽车工业的发展动向，为正在孕育和形成的汽车大发展形势而欢欣鼓舞。

国务院总理赵紫阳同志指出：“汽车工业要大发展，这是必然趋势”（1984年7月21日《人民日报》）。人民日报还刊登了题为“国民经济迅速发展，汽车需求量急剧增加，汽车面临大发展新形势”的报导。中央决心彻底打破长期束缚汽车工业手脚的条条框框，这是全国汽车行业的喜讯，无疑也是全国粉末冶金行业的佳音。

八十年代是我国汽车工业大发展的黄金时代，其发展速度将是任何时候不能比拟的。我国四化建设的发展，不但要发展铁路运输还要大力发展公路运输，在沿海工业区还要逐步建设高速公路。中国人的现代化生活水平虽然达不到个人购买小汽车的条件，但在大城市要发展小汽车出租业和汽车运输业以满足各方面的需要。目前社会对汽车的需要量已大大超过了现有的汽车生产能力，因此各行各业都要大力支持汽车工业的发展。

今年上半年，我国已生产出汽车13万6千辆，比去年同期增长22%。中国汽车工业总公司所属企业完成利润总额比去年同期增长27%，利润增长速度超过了产量产值增长速度。今年年底预计将生产汽车27万辆，1985年将生产34万辆，1990年预计生产73万辆。汽车工业的大发展，必然促进其他各相关工业的发展。

粉末冶金技术，在国内外汽车制造业中早已采用。粉末冶金材料和制品，已成为汽车制造不可缺少的原材料和基础零、部件之一。汽车工业历来是粉末冶金最大的市场，也是资格最老的用户。早在第二次世界大战前，粉末冶金含油轴承就在汽车上首先得到应用。从那以后，粉末冶金不断以自己的新材料、新产品、新工艺和新技术服务于汽车工业。反过来，汽车工业的进步和发展，也有力地促进了粉末冶金技术的进步，并推动粉末冶金工业向前发展。粉末冶金与汽车工业这种密切关系，不但是由来已久，而且是前途无量。

粉末冶金工业属于省材节能型的金属深加工工业。它是由制造金属粉末，主要是钢铁粉末和有色、稀、贵等金属粉末，和以这些粉末为原料，通过混粉、成形和烧结等工艺，加工成粉末冶金材料和制品（包括半成品）两大部分组成，换句话说，这两大部份生产，是构成现代粉末冶金工业生产活动的主要内容。

用粉末冶金技术生产出来的烧结材料，适于制造各种汽车的零、部件。汽车工业应用粉末冶金材料和制品，有助于汽车工业实现节约能源，节省材料，防止污染，减少工序，降低成本。而且粉末冶金本身产品性能稳定，具有特殊功能，宜于大批量生产，此外它的生产费用低，生产周期短。总之，粉末冶金以其技术和经济上的优越性完全可以充分满足新形势下汽车工业大发展的需要。

本资料的目的是，阐述在八十年代新形势下粉末冶金与汽车工业之间关系的变化和发展；介绍国外粉末冶金技术发展水平和现状，以及粉末冶金新技术、新产品在汽车上的应用，借以促进我国粉末冶金工业发展，并为我国汽车工业大发展做出应有的贡献。

笔者怀着热切的愿望，赶在今年10月武汉“粉末冶金制品在汽车、农机上应用推广会”之前完成此稿，把它献给粉末冶金和汽车、农机战线上的有关领导、设计师、工程师、管理干部和广大职工，作为工作中参考。本资料由工程师吴荣伟同志审定；张仪郑同志编辑；任健生同志封面设计。在编写过程中还得到李孔兴、唐华生、吴彬彬、邸凯旋、王聪、张凡、李坚等同志的大力协助，在此一并致以深切的谢意。我们还要向不辞辛苦为赶印本资料的罗山科技印刷厂全体职工同志致谢。

由于时间仓促，水平有限，文中错误在所难免，欢迎读者批评指正。

目 录

前言

第一部份：国外综合情况

- 一、在严格的汽车法规下粉末冶金与汽车工业的关系..... (1)
 - (一) 粉末冶金与汽车省材节能..... (1)
 - (二) 粉末冶金与汽车降低成本..... (7)
 - (三) 粉末冶金与汽车减重..... (9)
 - (四) 粉末冶金与汽车污染的防治..... (13)
- 二、国外粉末冶金工业发展概况..... (15)
 - (一) 粉末冶金工艺技术..... (19)
 - (二) 粉末冶金材料..... (31)
 - (三) 国外粉末冶金零件生产简况..... (43)
 - (四) 粉末冶金产品的质量管理..... (51)
 - (五) 国外汽车制造厂与粉末冶金制品厂的合作关系..... (53)
 - (六) 粉末冶金零件在汽车上的应用..... (55)

第二部份：分国情况

- 一、美国..... (68)
- 二、加拿大..... (70)
- 三、苏联..... (71)
- 四、日本..... (75)
- 五、西德..... (78)
- 六、英国..... (79)
- 七、法国..... (80)
- 八、意大利..... (82)
- 九、奥地利..... (84)
- 十、比利时..... (85)
- 十一、瑞典..... (85)
- 十二、阿根廷..... (87)
- 十三、南朝鲜..... (87)
- 十四、印度..... (88)

第三部份：国内情况

- 一、我国粉末冶金工业发展简况..... (89)
- 二、粉末冶金制品在汽车上的应用..... (89)
- 三、以自力更生为主积极引进先进技术..... (96)

结语.....	(97)
参考文献.....	(99)
附录	
附录 1、日本汽车零件用烧结材料标准.....	(104)
附录 2、美、苏、英粉末冶金材料标准.....	(109)
附录 3、近年主要国际会议.....	(120)
附录 4、1983年各国汽车产量.....	(121)
附录 5、国外粉末冶金汽车零件图片.....	(122)

第一部分 国外综合情况

一、在严格的汽车法规下粉末冶金与汽车工业的关系

第二次世界大战后，美国、西欧和日本社会对汽车的依赖性日益加甚。汽车不仅是一种运输手段，又是一切经济活动不可缺少的工具，是国民经济的重要支柱。随着城郊工业的发展，人类社会就更离不开汽车了，可以说没有汽车便寸步难行。在美国，每六个工人中就有一人与汽车制造、推销、服务或商业使用有关。这些都说明汽车工业在社会生活的各个方面，确实是一个举足轻重影响深远的部门。

但是1973年中东战争造成的能源危机，以及1978年伊朗一度停止石油出口和1979年石油再次涨价所引起的能源危机，都给西方社会造成了严重的后果。在这种情况下，汽车工业也必然遭到同样无情打击。

美国政府已经决定，汽车每升燃料的行驶里程，1980年要由1978年的7.6公里提高到8.5公里，到1985年要提高到11.7公里。达不到标准，则每台车每差0.1公里罚款5美元。

此外，美国还实行了汽油增税政策，其主要目的也在于贯彻国家能源政策中有关降低能耗的规定。这无疑直接影响了汽车工业和石油工业的产品推销。

最近8年，日本车用汽油平均价格也几乎上涨了一倍，轻柴油价格上涨了1.1倍。日本消费的石油几乎全靠进口，仅1980年一年中，日本用于购买石油的外汇就高达600亿美元。因此急需设计出省油型汽车。

罗马尼亚总统齐奥塞斯库亲自签署了一项关于“合理消费燃料和经济管理车辆”的法令。其中有这样一些规定：自1979年7月29日起，政府各部、中央各机构直至县人民议会和布加勒斯特市执委会等单位的车辆总数减少50%。星期六下班后，星期日和和其他休息日，公家或集体小轿车禁止运行。星期日和和其他休息日，私人汽车按其车牌的双号和单号轮流使用。自1979年7月29日星期日起，允许双号小轿车行驶。凡使用公家车辆办私事或未经许可使用车辆者，除受法律制裁外，在1—3个月内停止汽车使用权，如再违反，则撤消其使用权。

与此同时，许多国家还对汽车排气烟度也作出了限制，一些工业发达国家规定，八十年代柴油机在稳定工况下，其排烟应是肉眼不可见的。美国还就重型柴油机排气中的碳烟颗粒重量和排气不透明度加以限制。这自然给发动机设计带来一定困难。

对汽车行驶噪声也有法规要求。近期国外规定噪声应降低到80分贝以下。必须符合ISO R362试验规范。

为此，必须改进发动机，使活塞、配气机构等噪声源尽量减少，但又不增加发动机重量和汽车成本。

燃料消费规定、排气规定、安全规定、噪声规定……，这一系列法规使汽车工业面临着困境。对此，汽车设计者和汽车零部件制造者是必须认真考虑的。

有人估计，一辆汽车从制造到正常寿命终结，所消耗的全部能源中，有20%是耗费在原材料制取和汽车零部件加工及装配中。

解决汽车用能源问题，从长远看是设计省能型汽车，即：提高发动机功率，减轻车重。但是目前面临的问题是，在代用燃料或新型发动机研制出来之前，必须对现有发动机进行改进，以节省能源。据美国估计，汽车发动机的热效率每提高1%，一年便可节省15亿美元的经费。

综上所述，能源紧张、原材料短缺是促成有关各项法规出现的因素。这种形势将影响着八十年代和今后相当长的一个历史时期。

粉末冶金也正是在这种形势下，以自身独有的省材节能的技术特长，为汽车的节能、减重、防污染和降低成本而大显身手。这也就是新形势下，粉末冶金与汽车工业发展起来的新关系。

(一) 粉末冶金与汽车省材节能

粉末冶金具有省材节能的技术经济效果。

日本三菱公司采用粉末冶金方法生产变速箱 齿轮，与原工艺(锻造 毛坯——机加工齿轮法)进行了对比，证明用粉末冶金法可降低成本42%，能耗降低80%，节省了大量加工工时(由8259小时降至917小时)，而且还不用购买有关自动车床、铣床、切齿机等设备^[1]。

应用粉末冶金零件已有多年的历史，日本丰田汽车公司，对粉末冶金工艺节能效果作了验证。该公司对汽车上应用的四种典型零件，作了省材和节能分析。这四种零件是：定时链轮、变速离合器轮毂、连杆、差速小齿轮。其重量均在200~500克的适应范围内。

该公司以上述零件为例，就粉末冶金与铸造，粉末冶金与锻造，以及粉末锻造与普通锻造之间，在材料、能耗方面进行了对比，表1.1.1~表1.1.4为上述各工艺过程的对比情况^[2]。

表1.1.1 粉末冶金法与铸造法生产定时链轮材料和能量消耗比较

对比项目	铸造法	粉冶法	备注
材质	SAEG3500	Fe—2cu—0.8c.	粉冶件密度为 6.8g/cm ³
制品重量(克)	500	480	
材料利用率(%)	55	92	
机加工费用(%)	100	34	粉冶法比铸造法机加工 费用低66%(因少3—4 道加工工序)。
毛坯加工费(%)	100	100	毛坯加工费相当
原料费(%)	100	187	虽然粉冶法原料费高， 但材料利用率提高2倍。
零件加工总成本(%)	100	79	总成本降低21%
机加工用能 kW·h/件(%)	100	15	粉冶法占铸件总能耗 70%，省去切齿等工序。
毛坯加工用能(%)	100	43	节能57%
制品全部能耗(%)	100	29	节能71%

表1.1.2 粉末冶金法与锻造法生产变速离合器轮毂材料和能量消耗比较

对比项目	锻造法	粉冶法	备注
材质	SAE10L55	Fe-2cu-0.8c	粉冶件密度为6.8g/cm ³
制品重量(克)	460	430	
材料利用率(%)	61	84	
机加工费用(%)	100	23	粉冶件机加工费仅为锻件机加工费的23%，因取消车削、切齿、拉削工序
毛坯加工费(%)	100	98	
原料费(%)	100	110	原料费虽高，但材料利用率也高
总成本(%)	100	58	
机加工用能(kW·h/件)	100	10	粉冶法取消机加工而节能
毛坯制造用能(%)	100	35	节能65%
能量总计(%)	100	20	全部能耗比锻造法降低80%

用粉末冶金法与铸造法生产定时链轮(表1.1.1)，以及用粉末冶金法和锻造法生产变速离合器轮毂(表1.1.2)，在材料和能耗上通过对比证明，只要重量在400~500克范围内，粉末冶金法无论是零件制造成本，还是能源消耗，都有显著降低。

表1.1.3是用粉末锻造法和普通锻造法生产连杆在成本和能耗方面的对比。由表3可知，用粉末锻造法无论在成本和能耗上都有所节省，因为原料费用相等而加工费用较低。但是在生产差速小齿轮时，情况就有了变化(表1.1.4)，因为粉末锻造法使用了较贵的合金钢粉。

表1.1.3 粉末锻造法和普通锻造法生产连杆的成本和能耗比较

对比项目	普通锻造法	粉末锻造法	备注
材质	SAE10L55	Fe-3Cu-0.55C-0.3S	粉末锻造法以纯铁粉为原料，密度为7.8g/cm ³
制品重量(克)	500	500	
材料利用率(%)	38	75	
机加工费用(%)	100	73	低27%，省去粗磨及终端拉削等工序
毛坯加工费(%)	100	107	
原材料费(%)	100	85	低15%
总成本费(%)	100	84	粉锻法总成本比普通锻造法低16%
机加工用能(kW·h/件)(%)	100	65	
毛坯加工用能(%)	100	55	
总能耗(%)	100	60	节能40%

表1.1.4 粉末锻造法与精密锻造法生产差速小齿轮的成本比较

对比项目	精密锻造法	粉末锻造法	备注
材质	SAE4118	Fe-2Ni- 0.5Mo- 0.2C	粉末冶金用合金钢粉 为原料, 密度为7.8g/cm ³
制品重量(克)	260	260	
材料利用率(%)	84	94	
机加工费(%)	100	82	低18%
毛坯加工费(%)	100	91	低9%(其中包括原料费)
原料费(%)	100	160	粉锻比精锻高1.6倍
总成本	100	98	相近

日本丰田汽车公司还针对汽车上应用的超过1000克的较大型零件(如飞轮齿圈和大型链轮),作了技术可行性和经济合理性的分析,认为用粉末冶金生产大型零件,虽然可以节省机加工费用,但由于粉末原料价格高,就总成本来看降低不明显。而粉末冶金法生产500克以下的零件,则表现出省材节能的优越性。

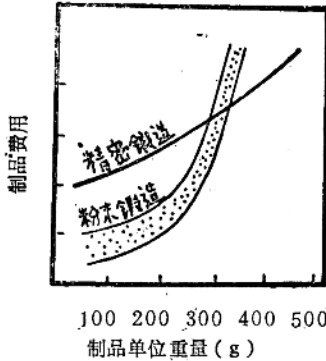


图1.1.1 制品费用与制品重量的关系

用粉末锻造法生产铁基小型零件,与普通锻造法相比,经济效果接近。但如果粉末锻造法用合金钢粉为原料时,则经济效果不大。由此可见,要想用粉末冶金法生产大型零件,或用粉末锻造法生产小型零件,如何降低粉末价格是问题关键所在。图1.1.1表示当制品重量增加时,粉末锻造件由于原料费用占全部费用的比例过大而不利^[3]。

近年来,由于能源短缺日趋严重,金属材料价格不断上涨,金属废屑的回收利用日益被重视起来。

日本粉末冶金界,正在尝试把某些经过挑选处理的切屑直接用于粉末锻造,这将大为降低制造成本。日本这类切屑来源充足,价格只及4600钢粉的十分之一。因此他们认为,粉末锻造以切屑代替部分原料,是大有发展前途的。

表1.1.5和表1.1.6是西德Krebsöge烧结金属公司G·Zapf教授就卡车柴油机上的粉末冶金油泵齿轮的生产,针对不同加工方法进行能量消耗对比分析,说明同一汽车零件用粉末冶金方法较机械加工法具有节省能量的优越性。表1.1.7是G·Zapf就西德汽车上应用的五种粉末冶金零件的生产,比较了机械加工法和粉末冶金法在材料和能量消耗上的不同,粉末冶金法较机加工法在材料和能量两方面都有节约^[4]。用粉末冶金法生产这五种零件年需材料471吨,而用机加工法则需1311吨钢材。以年产14000吨计,这五种零件省材节能结果如下:粉末冶金法年耗能为25700MW·h,机械加工法年耗能为50900MW·h,粉末冶金节能50.2%。粉末冶金法年耗用材料14000吨,机械加工法耗用材料39000吨,粉末冶金节约材料64.3%。表1.1.8为各种方法加工零件的技术经济效果比较^[5]。

表1.1.5 用普通机械加工法生产卡车柴油发动机油泵齿轮

材料 CK15
 成品重量 357g
 材料重量 887g
 材料损失 530g
 年需要量: 6万件
 53220kg/6万件
 31800kg/6万件

工 序	使用设备	能源kW·h/件	占能源消耗的百分比%
车 削	自动车床	0.635	24.26
冲 铣	铣 齿 机	0.015	0.57
铰 孔	铰 床	0.041	1.57
铣 齿	连续铣齿机	0.029	1.11
二次车削	半自动车床	0.084	3.21
滚 齿	滚 齿 机	0.967	36.94
铣 齿	连续铣齿机	0.029	1.11
磨 削	磨 床	0.299	11.42
渗 氮	渗氮装置	0.504	19.25
去 毛 刺	去毛刺机	0.015	0.57
合 计		2.618	100.00

能耗/年: 157MW·h, 相当于41吨重油, 58900单位煤燃料

表1.1.6 用粉末冶金法生产卡车柴油发动机油泵齿轮

材料 Ogit20
 成品重量 311g
 粉末重量 327g
 材料损失 16g
 年需要量: 6万件
 19620kg/6万件
 960kg/6万件

工 序	使用设备	能源kW·h/件	占能源消耗的百分比%
压 制	180吨粉末压机	0.079	3.02
烧 结	带式输送炉	0.325	12.41
复 压	200吨精整压力机	0.104	3.97
复 烧	步进式炉	0.180	6.88
精 整	200吨精整压力机	0.104	3.97
车 削	双轴自动车床	0.147	5.61
磨 削	旋转式磨床	0.093	3.55
去 毛 刺	去毛刺机	0.029	1.11
软 氮 化		0.504	19.25
合 计		1.565	59.77

能耗/年: 94MW·h, 相当于25吨重油, 近似35300单位煤燃料

表1.1.7 用机械加工法和粉末冶金法生产五种典型汽车结构零件材料和能耗对比

序号	产 品	成品重量 (克)		单件料重 (克)		材料年消耗量 (吨)		节约材料 (吨) 节约率(%)		能源年消耗量 (MW·h)		节约能量 (MW·h) 节能(%)		重油消耗 (吨)		节油(吨) 节油(%)	
		机械加工	粉末法	机械加工	粉末法	机械加工	粉末法	机械加工	粉末法	机械加工	粉末法	机械加工	粉末法	机械加工	粉末法	机械加工	粉末法
1	客车润滑油泵 齿轮380万件/年	87	73	192	76.5	729.6	290.7	438.9	60.15%	1068	536	532	49.8%	278.3	139.7	138.6	49.8%
2	卡车润滑油泵 齿轮6万件/年	357	311	887	327	55.22	19.62	33.6	63.1%	157	94	63	40.1%	41	24.5	16.5	40.1%
3	增压器轮毂 140万件/年	102	91	312	95.5	436.8	133.7	303.1	69.4%	236.6	127.4	109.2	46.15%	61.6	33.2	28.4	46.15%
4	卡车同步环 5万件/年	145	132.5	1110	139	55.5	6.95	48.55	87.5%	76.4	31.7	44.7	58.5%	19.9	8.26	11.64	58.5%
5	变档棘轮 6万件/年	300	312	560	328	33.6	19.68	13.92	41.4%	170.8	74.6	96.2	56.3%	44.5	19.4	25.1	56.3%
	总 计					1310.7*	470.65*	840.05*	64.09%*	1708.8863.7		845.1	50.2%	445.3225.06		220.24	50.2%
	以西德 14000吨粉末 计算,则:					39000	14000	25000	64.3%	50900	25700	25200	50.2%	13300	6700	6600	50.2%

译注:原文计算有误差*者为改正数 资料来源:《Powder Metallurgy International》1978, 10, No. 3, 143-147

表1.1.8 各种加工方法性能及技术经济效果比较

加工方法	粉末锻造	烧结法	模 锻	冷 锻	精密铸造
性能					
制品重量(公斤)	0.1—5	0.01—1	0.05—1000	0.01—35	0.1—10
H/D	≤1	≤1	无限制	无限制	无限制
断面形状	不可曲率变化大	不可曲率变化大	无限制	旋转对称	无制约
孔内形状	有制约	有制约	有制约		无制约
材料利用率(%)	100	100	50—70	95—100	70—90
精度(LT)	8—10	6—8	13—15	7—9	8—10
表面光洁度(μ)	5—30	1—3	30—100	1—10	10—30
计算批量(500克)	20,000	5,000	10,000	5,000	2,000
强度	高强度	中强度	高强度	高强度	中强度
机加工量	无	无	有	减少	减少
设备成本	250	100(基准)	150	150	100
自动化的可能性	良	良	有制约	最佳	有制约
制品价格(日元/公斤)	450—563	338—450	338	450	675

(二) 粉末冶金与汽车降低成本

通常涉及汽车销售价格的因素不外乎是成本、税收和利润。其中汽车售价和税率均由国家统一规定，这是因为汽车在我国目前还属于“一类物资”，于是只有成本一项是个可变因素。可想而知，研究如何降低汽车制造成本，对国家、对企业都是十分有利的。

那么，粉末冶金作为汽车应用的一种金属材料制品；又作为汽车应用的一种金属加工方法，对汽车降低成本究竟有什么好处呢？我们不妨看看下述事实。

当前，粉末冶金结构材料和制品已在汽车上普遍应用，这些产品有可能代替普通碳钢、合金钢、铸铁、有色合金。既简化了零件的制造工艺，又降低了劳动强度和成本，其经济效益十分明显。例如，制造一吨中等复杂形状结构零件，比用轧制或铸造材料进行机加工制造的一吨零件，在成本上要降低二分之一到五分之三。与铸造材料相比，在多数情况下，使用粉末冶金零件不仅明显地提高了使用寿命，使用效果也有所改善。据苏联资料^[6]介绍，使用一吨粉末冶金结构零件，可节约近三千吨黑色和有色金属，节省150台金属加工机床和250名工人。劳动生产率提高1—1.5倍。

又如，国外某厂生产一种油泵转子，材质为316不锈钢。对比两种加工方法，可比较出其成本情况(表1.2.1)^[7]。

表1.2.1

机加工法与粉末冶金法加工过程及其成本对比

零件名称：油泵转子		材料：316不锈钢	
成本	加工方法	机械加工 (美元)	粉末冶金 (美元)
材料成本		4.22	2.33
加工成本	自动车间—钻孔—扩孔		粉末混合 0.02
	—倒角—开槽—一切开	0.65	压制 0.06
	粗磨	0.84	烧结 0.14
	精磨	0.18	钻孔、攻丝、剔毛刺 0.18
	钻孔、攻丝、剔毛刺	0.15	
生产总成本		6.04	2.73

由表1.2.1可清楚看出，采用粉末冶金法生产油泵转子，每件可节约3.31美元。

表1.2.2列出的是另一种组合件的生产成本比较。可清楚看到采用粉末冶金方法生产，每件可节约4.21美元^[7]。

表1.2.2

机加工法与粉末冶金法的工序和成本比较

零件名称：平面齿轮—棘轮组合件		材料：316不锈钢	
成本	加工方法	机加工—必须用两块装配 (美元)	粉末冶金 (美元)
材料成本	件A：圆棒	0.054	原料 0.049
	件B：拉拔小齿轮料	0.038	
加工成本	自动车床—零件A	0.050	混粉 0.005
	螺旋铣刀铣齿轮面	0.280	压制 0.015
	自动车床—零件B	0.050	烧结 0.011
	两零件装配	0.014	
	铜焊	0.015	
总成本		0.501	0.080

瑞典Carbox公司研究了铁基粉末冶金柴油机和汽油发动机油缸衬套。这种衬套比铸铁衬套的制造费用减少20—40%。粉末冶金衬套烧结后，机加工所去掉的材料不到10%，而离心铸造衬套加工所去掉的材料为50—80%。在柴油机上，粉末冶金衬套表现了同等或更好的耐磨性能，而且成本降低30%^[8]。

如果采用废屑制粉—烧结锻造的方法，那么当零件重为1000—2000克时，与普通方法相比，可节约20—25%的费用^[9]。

对于各种加工工艺成本的比较，国外曾就传统锻造，恒温锻造、粉末锻造及热等静压制的相对成本作了比较^[10]。传统锻造制品的相对价格为100，恒温锻造为0.55，粉末锻造为0.62，热等静压则为0.36，可见热等静压成本较低。过去一直认为热等静压生产费用高，只适用于硬质合金和宇航材料加工，每磅费用为1—10美元。但大规模生产，则每磅只需0.25美元。目前，锻件改用热等静压方法加工的例子越来越多了。

(三) 粉末冶金与汽车减重

世界性的能源危机，迫使各国汽车制造业不得不以减轻汽车车体自重来降低燃料消耗，而且被认为是降低油耗最现实的办法。据日本介绍，汽车自重减轻10%，可节油8%左右。还有一种说法是，每减轻100公斤重量，可以达到100公里节省0.3立升汽油的经济效果，最高可节省0.7立升。所以国外各大汽车公司都朝缩小汽车体积，减轻汽车重量方面努力，甚至不惜以巨资研究汽车代用材料。与此同时，美国三大汽车公司还从生产计划中删去最大、最重的车型，几年之后车重将减轻四分之一以上，这就要求美国人改变喜欢乘坐大型轿车的习惯。

据资料估计，1975—1990年，在汽车总重量中，钢的比重将由61%降至54%，铁由16%降至8%，而铝则由3%增至12%，塑料由4%增至9%。根据预测，在1985—1990年，美国铝和塑料在汽车中的比重将达到30%^[11]。

七十年代，铝和塑料的应用已为汽车工业的发展展示出美好的前景。八十年代，这两种材料的应用将会在技术上得到进一步完善。

塑料的价格便宜，造型方便（可一次模压成形），防腐性能好，抗冲击能力强，加工费用低等特点，早已决定了它在八十年代的价值，成为汽车减重优先考虑的材料。目前法国汽车公司已设计出八十年代中期的新型小轿车，这种车上的塑料件将达到35公斤。美国平均每辆车用150磅塑料，1985年要用300—350磅。

日本丰田汽车公司甚至已采用聚乙烯泡沫塑料车箱，可减轻重量达40公斤。塑料在汽车上的应用范围已逐渐从内外装饰件发展到一些机械结构零件上。美国已用玻璃增强塑料复合材料制造保险杠、汽车胎轮，既满足撞车安全要求，又可减轻车重。

除塑料外，铝也成为汽车减重的代用材料。

汽车上应用铝合金理由有三，即铝合金导热性好，导电性高，比重低，这三个特性往往又可以综合考虑，导热性好，与热交换器制造有关；导电性高，与电气设备有关；比重低，与减重有关。

一般说来，一个铝件比同一铸铁或钢件轻2.2倍。减重还可以改善汽车性能。有人通过试验证明，一辆车如果减重40公斤，跑完12万公里（汽车平均寿命）后，可以节约500公斤燃料。欧洲中型汽车自信也会象美国一样，轻而易举地达到平均减重40%的百分比。目前法国每部汽车铝的平均重量为42公斤，占一部汽车金属总重量的10%。欧洲平均为32公斤，美国为44公斤。

法国别儒汽车公司，1983年应用铝合金为20多万吨，多为铸造铝合金和锻造铝合金。表1.3.1为欧洲四国汽车用铝的情况^[12]。

铸造铝合金多用于气缸体，整体式汽缸，制动机构，悬挂部件，大齿轮；锻造铝合金多用于散热器，装饰零件，保险杠，车身零件。

表1.3.1

欧洲四国汽车用铝情况

铝	年	法 国		西德、英、意	
		1976	1983	1976	1983
铸件		137	185	251	360
锻件		9.4	15.5	35.7	52.7
总计(千吨)		146.4	200.5	286.7	412.7

表1.3.2为法国别儒汽车上应用的铝件^[12]。

表1.3.2 法国别儒(Peugeot)汽车公司604SL和305SR型汽车上的铝件重量

零件名称	车型及铝件使用重量 (公斤)		零件名称	车型及铝件使用重量 (公斤)	
	604SL	305SR		604SL	305SR
活塞	2.670	1.260	动力转向器壳	1.100	—
气缸盖	14.400	7.080	进气总管	—	1.220
气缸体	11.500	8.336	差速器壳	1.360	2.330
正时齿轮室盖	2.300	3.200	变速器壳	3.880	7.600
底壳	5.700	—	汽油发动机垫板 支座	0.155	—
水泵体	1.110	0.460	柴油发动机垫板 支座	0.155	—
水泵盖	0.290	—	右中间支座	0.300	—
水泵上盖	0.148	—	左中间支座	0.320	—
油泵盖	0.140	—	水泵支座	—	0.405
后联轴节支承板	0.250	—	转向齿条箱壳	—	0.640
出水管	0.050	0.095	铝总重量	56.457*	36.956
起动机底座	0.220	—	车辆总重	1390	940
风扇轮毂	0.080	—	铝重比例	4%	3.9%
离合器壳	3.640	3.460			
变速箱后罩	1.970	—			
后桥外壳	4.739	—			

注*不算铝车轮

日本汽车制造业已应用铝合金压铸车轮。其性能指标为：抗拉强度30公斤/毫米²，延伸率10%，冲击值1.0公斤/毫米²。

美国福特汽车公司1981年生产了两种新型装有空调和自动变速装置的高级民用小轿车。这种汽车大量使用高强度铝合金，每辆车用铝达142磅，因而汽车重量减轻50%以上。同时汽车性能得以改善，油耗显著降低，每加仑汽油可行驶30—44英里。汽车上所采用的铝合金零部件，主要有进气管、汽缸盖、手动或自动变速箱体、活塞、水泵、主制动油缸、发动机机座和减震器等。其中最大件是压铸变速箱箱体^[13]。

铝基粉末冶金零件在汽车上应用，也可以达到与上述相同的减重目的。

烧结铝工业发展比较缓慢，其主要原因是铸造、冲压、锻造与挤压轻合金，以及模压塑料与铁基烧结部件等工艺，与之竞争得十分厉害。其次是因为在烧结铝的工艺技术上还存在一些困难。例如成形时铝粉易粘模具，增加了模具磨损；在烧结时还需用非常干的气氛，并要求烧结时间短，温度控制严格（±3℃）。此外，铝粉价格高，其与海绵铁粉价格之比为3:1。尽管如此，烧结铝零件所具有的重量轻、无磁性、耐磁性和导热、导电性好，强度高，切削性能好，以及易于热处理等一系列技术经济上的优点，仍使其在汽车上得以应用。虽不算普遍，但其前景令人乐观。尤其就中等强度、高精度大型零件而言，烧结铝零件比铁件更具经济性。

铝基烧结零件，除其本身所具有的一些优点外，还具有其他技术上的特点，如其强度相当或超过许多中密度铁基零件，能够用较低压力压制成高密度。由于压坯强度高而便于处理，比浸渍铜的铁零件便宜。能够在较低温度下迅速烧结，消耗能量少。在氮基气氛和真空条件下烧结，可得到较好的机械性能。例如在氮基气氛中烧结的零件，抗拉强度达11—50公斤/英寸²（7.7—55公斤/毫米²）。601AB（Cu 0.25、Mg 1.0、Si 0.6、润滑剂1.5）压制成95%密度，按T_h热处理条件获得抗拉强度22公斤/英寸²（15.4公斤/毫米²），延伸率为5%；201AB（Cu 4.4、Mg 0.5、Si 0.8、润滑剂1.5）按T_h热处理条件，抗拉强度48公斤/英寸²（33.6公斤/毫米²），复压后达52公斤/英寸²（36.4公斤/毫米²）。Sinteral合金（Cu 4.0、Mg 0.6、润滑剂1.5）在空气中烧结的强度相当于氮气氛中烧结，为13.2—36.8公斤/英寸²（9.2—25.8公斤/毫米²）。压坯密度为85%时，按T_h条件热处理强度低；压坯密度为97%时，按T_h条件热处理强度高。

烧结铝的强度取决于密度，而增加机械强度和硬度的最有效方法是采用沉积硬化法。铝的成形压力接近3千牛顿/厘米²，约为铁粉成形压力（50—60千牛顿/厘米²）的50—60%。铝对氧有很强的亲和力，总是在颗粒表面包覆着一层氧化薄膜，妨碍着烧结颈的形成。由于氧化物的脆性，在压制中氧化膜常裂开或剥落，在烧结中裂纹扩大，若开裂膜中的金属与合金化元素发生反应，并在铜、锰、锌液相条件下，铝粉可以完成烧结。空气烧结要求生坯密度不大于95%，不得加入有机润滑剂；而氮基气氛烧结，要求采用-40℃的低露点氮基气氛，可实现工业规模生产。

日本利剑公司与昭和电工公司共同合作，成功地研制出高强度耐磨铝粉末合金，商品名为SHORIK。这种合金不但轻，而且强度高、耐磨、耐热、耐烧结，可用作活塞环、气缸套等汽车发动机零件。合金的抗拉强度为40—50公斤力/毫米²，弹性模数为9000—12000公斤力/毫米²，硬度为75—100，耐烧结性是铁基材料的2—5倍。250℃时的抗拉强度为15~20公斤力/毫米²，耐高温性能是原来铝合金的2—3倍。在耐磨性方面，其磨损量仅仅是铸造

高硅铝合金的二分之一至三分之一。与制造活塞用的铝合金相比,热膨胀率要降低20—30%,有利于热变形。制造方法是以快速冷凝的铝合金粉末为原料,适量添加提高材料特性的陶瓷或特殊合金粉末等,通过挤压法生产制品。

法国的别儒、雷诺等汽车公司,曾发展压铸铝合金缸体和湿式铸铁缸套,但存在铸铁缸套和铝合金缸体、活塞间热膨胀不一致等技术上的困难。美国通用汽车公司制造了全铝发动机(Vega),但也由于铝合金缸套和活塞摩擦性能不好,造成技术和经济上的问题,未能得到预期的发展。

为了减轻汽车发动机重量并改进其性能,法国改用粉末冶金挤压法,制造出高硅铝合金发动机汽缸套。这种高硅铝合金保持了粉末冶金产品的结构,一次硅结晶很细,分布均匀,没有孔隙,机械性能优于铸造产品,延伸率在2%以上,淬火回火后机械强度可达34.6公斤/毫米²。缸套和活塞间摩擦试验表明,用粉末冶金法制造的缸套,咬死负荷远远超过铸铁产品。此外在机加工时,可提高切削速度并减小刀具磨损,说明机械加工性能良好。用粉末冶金加工方法简单易行,性能优于铸造制品,成本也比较低,体现了粉末冶金技术经济优越性^[14]。

美国ALCOA公司也对铝的烧结零件进行了研究,已成功地制造出烧结铝连杆。但由于粉末材料昂贵,烧结中温度、气体介质的调节较为复杂,因而成本高不适用。此外,如果成批生产,由于需要10小时以上的时效处理,为此需要相当数量的设备,因而必须在时效处理问题上做出改进。尽管如此,从减轻汽车重量出发,此项研究还是很有意义的。

美国Chrysler汽车公司生产了大量铝基轴承,用于汽车分配器主动轴衬套和小电机的球轴承上。此外,美国载重汽车上,数以千计的悬挂装置,也是采用201AB混合粉并经过热处理,以取代铁粉制做了铝基粉末冶金制品。

意大利菲亚特汽车公司在新型汽车上也应用了烧结铝零件,如转向装置中的一个齿条定心制动块。

除铝基烧结零件对汽车减重起重要作用外,还有两种金属对汽车减重也有很大意义,这就是钛和镁。

镁也由于比铝轻,在主要结构件中得到应用,与铝有同等强度,同时易于切削加工。钛和钛作为汽车用烧结零件,对于汽车减重大有潜力可挖。

美国福特汽车公司已应用了两个压铸镁件。

高强度钛合金的典型成分是Ti—6Al—4V,用旋转电极法制造的球形粉,由于成形性差,应用范围受到限制。日本研究用Ti—2Al—2Cu—3Fe烧结合金,其机械性能大体与Ti—6Al—4V烧结合金性能相等,但却克服了上述缺点。制造工艺是,将钠还原钛粉(—100目)与雾化铝粉及B相粉末(Fe—45%Cr)混合;制成Ti—2%Al—2%Cr—3%Fe为标准成分的混合粉,用4—8吨/厘米²的压力成形后,在氩或10⁻³的真空炉中烧结。由于钛吸收氢变脆,因此不能使用普通烧结气氛(氢、分解氨、转化煤气等)。烧结钛及其合金的机械性能如表1.3.3所示^[15]。

烧结钛合金有如下特点:高的比强度,优异的耐蚀性和耐磨性,耐热性、非磁性,热膨胀系数小,易制成小型精密件。

烧结钛合金除用于化工设备,还用于汽车工业,可以制成轮的螺母、外罩等,