

专访

INTERVIEW

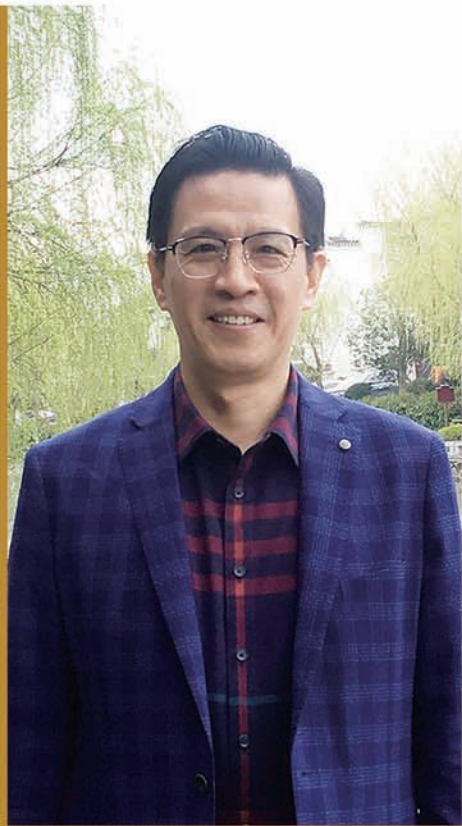
熊守美简介：

熊守美（1966-），男，1992年博士毕业于清华大学铸造专业，先后获学士、硕士和工学博士学位。现任清华大学材料学院教授、博士生导师，教育部先进成形制造重点实验室副主任。兼任中国机械工程学会铸造分会副理事长，《铸造》《China Foundry》和《特种铸造及有色合金》杂志编委会副主任。曾任国际标准化组织铸造机械委员会(ISO/TC306)主席（2017-2019），第10届环太平洋铸造与凝固过程模拟国际会议大会主席（MCSP2017, Beijing, China）。

入选2004年度教育部“新世纪优秀人才支持计划”，获福特汽车公司2010 Technical Achievement Award of Ford Research and Advanced Engineering奖，获2017年中国铸造行业突出贡献奖。

主要从事铝、镁合金高致密度（高真空、充氧及超低速）压铸成形技术，压铸铝合金、镁合金材料开发，集成计算材料工程（ICME），压铸过程建模仿真技术等研究开发工作。作为负责人先后承担国家重大专项项目1项、子课题1项，国家科技支撑项目专题2项，863计划1项，973计划专题1项，国家自然科学基金项目4项，国际合作项目多项。

获奖成果4项，其中国家教育部科技进步二等奖2项（2019年，第1完成人；1996年，第3完成人）、一等奖1项（1999年，第5完成人），北京市科技进步二等奖1项（2002年，第2完成人）。出版专著1部，参编专著1部，主编出版《中国材料工程大典》第19卷第6篇。发表学术论文300余篇，其中SCI收录163篇、EI收录155篇，获国家发明专利15项、计算机软件注册权登记7项。



为压铸之美，奋楫笃行守初心

——访中国机械工程学会铸造分会副理事长、清华大学熊守美教授

随着我国经济的飞速发展，压铸市场的空间不断扩展，在汽车、机械、电子、通讯、数码影视、军工等行业的需求逐年增加，各类压铸件产品的出口量也在大幅增加，极大地激发了压铸市场的迅速扩展，使压铸生产的规模和产业结构发生了变化。这种变化突出的表现为：专业压铸厂层出不穷、规模较大的压铸企业迅速增多、压铸企业生产流程延伸（后续加工）至直接交付零件、零件制造企业自行设立压铸厂、地域性的压铸产业集群逐渐形成并有所扩展、压铸件企业从供应商向服务商转型等。尤其这两年受新冠肺炎疫情影响，中国很好的疫情控制措施，也为中国压铸业带来发展机遇，需求市场希望利用中国的产能，压铸产能开始向中国转移。这种蒸蒸日上的势头，呈现出我国压铸业的大好前景。

为了更深入地展示我国压铸技术和产业发展情

况，《铸造》杂志于今年组织了两期压铸专栏，同时将采访一些压铸领域的专家学者和企业，挖掘更多的压铸人和压铸事。2021年3月全国压铸行业年会在深圳召开，清华大学熊守美教授是本次会议专家组织委员会主席，熊教授多年来一直从事压铸铝镁合金的研究工作，也取得了很大的成绩，本刊专程去清华大学拜访了我国压铸领域的专家熊守美教授，就其在压铸领域所做的研究和开发工作及压铸领域的一些问题请教了熊守美教授。

《铸造》：您16岁就考入了清华大学，自此与铸造结下不解之缘，我们非常想了解您的学习和工作经历。

熊守美：我出生在湖北麻城，从小学一直到高中都是在家乡就读。因为生长在农村，那时唯一的

出路就是考大学，父母也很重视对我们子女的教育，我的两个姐姐当时也是读到了高中，当时我们那的农村女孩子能读高中是很少的。中学时，父母对我要求很高，我学习也很努力的，学习成绩一直很好。我16岁时考入清华大学，是我们高中唯一考入清华大学的学生。

1982年我进入清华大学铸造专业学习，学制5年，当时铸造是一个班，30个学生，因为湖北考生录取分数很高，所以我在班里也是高考分数较高的学生。刚入学时，我们对铸造专业没什么了解，也谈不上多喜欢，但我们的老师都是铸造行业里知名的老前辈，如柳百成、吴德海、吴俊郊等老师，他们理论知识深厚，实践经验丰富，使得我们逐渐对铸造产生浓厚兴趣。因为我的本科成绩很好，平均成绩接近90分，在班级排在前几名，于1987被推荐了免试研究生，柳百成老师当时就是我的导师。从我读研究生开始就跟着柳老师做数值模拟研究，主要做铸铁与铸型界面传热分析，当时开发了一套数据采集测温系统，得到了很好地应用。研究生毕业后，我又免试继续攻读博士学位，读博期间主要跟着柳老师做“球墨铸铁件缺陷分析专家系统”研究，主要是球墨铸铁的金相、组织和缺陷分析。1992年，我博士毕业，留校任教，开始从事压铸工艺的模拟仿真研究，包括压铸工艺参数设计，工艺CAD、CAE，充型模拟仿真等，也取得了一些成果。

1996年，我在香港理工大学做访问学者，主要也是做压铸的模拟仿真。2002年，我们和日本东洋机械金属工业株式会社开始合作，成立了清华东洋铝镁合金成形技术研究中心，合作了3期共9年（至2011年）的时间，那时做了大量镁合金、铝合金压铸工艺试验，包括真空压铸、超低速压铸、新合金的开发、结构件的模拟仿真及优化、镁合金熔体保护等，期间也与很多的国内外单位合作共同来做压铸相关的工艺试验，做了很多应用基础工作。比如，2004年开始，我们与韩国科学技术研究院开展压铸相关研究合作。2007年起，我们分别与波音、福特、通用等公司开展压铸相关研究与开发合作。从2002年起，研究中心就拥有自己的压铸实验基地，2011年项目结束后实验基地迁至长春一汽铸造有限公司，在基地中有我们自己的压铸机、有很多先进的试验设备和仪器，还有大量的实验模具，我带学生在基地做了大量压铸工艺实验和相关研究。期间，还主持和参与了一些重要研发项目，如国家重大专项、国家科技支撑项目、863计划、973计划专题、国家自然科学基金及多项国际合作项目。

《铸造》：您是我国压铸领域很有影响的专家学者，一直致力于通过压铸模拟仿真和基础研究解决生产实际问题，请您介绍一下您的研究工作和研究特色。

熊守美：本科毕业后，我就一直在做压铸方面的模拟仿真。我们做的模拟仿真还是有自己特色的，其一是比较注重铸件与模具之间的界面传热研究，这对



2015年参加中美加“镁质前端结构研究与开发（MFERD）”项目总结会

压铸工艺来说是一个很重要的因素；另一个就是我们比较关注压室，也就是液态金属与压室底部的界面传热，这方面我们做了大量的试验，通过大量试验测量压铸过程中模具内部或压室内部温度变化，采用热传导反算法求解铸件/模具及金属/压室界面的传热系数，开发了相应的软件系统，积累了很多经验。

在压铸工艺方面，我们做的模拟仿真都是结合实际生产的压铸件。由于压铸件壁厚较薄，有的只有2 mm，一般压铸过程中都会形成预结晶组织，这种组织呈正态分布，会严重影响铸件的力学性能。针对这种情况，我们研究了预结晶组织在铸件里的分布情况，做了大量工作，并开发了特定的模型，为解决工艺上出现的问题提供了很好的理论基础。同时，我们也做了很多优化的真空压铸工艺，在镁合金压铸过程中，预结晶比较严重，我们通过提高压射速度，优化流道设计，在分流锥底部或流道上做出收集压室预结晶的收集包，通过采取这些工艺措施降低预结晶影响，提高了最终铸件的性能。最近，我们做了一个压铸试验，采用陶瓷压室代替传统压室，这样就不会出现预结晶组织，大大提高了铸件的综合性能，我在“2021全国压铸年会”上作了《陶瓷压室对压铸结构件合金组织及性能的影响研究》报告，对比研究了相同真空压铸工艺条件下，陶瓷压室对典型铝合金压铸结构件的预结晶组织及力学性能的影响。目前，也有人尝试做加热压室，也是为了消除压铸过程中铸件的预结晶组织。

压铸全流程的工艺模拟，包括充型、凝固、微观组织、热应力及变形等。我们做得比较前沿的是关于镁合金枝晶的三维生长，我们较早发现及表征出镁合金枝晶的18个优先生长方向，并采用相场模拟方法模拟了镁合金的三维枝晶生长，这种镁合金枝晶生长方向的表征及模拟，在国际上也是我们首先提出来的，而且我们也做了试验验证，也得到了国际上的认可，也在国际高水平期刊上连续发表了3篇高水平文章。

目前，我除了做真空压铸外，还在做充氧压铸，也有企业在用，主要是铝合金汽车结构件，包括铝合金结构件合金的开发。

《铸造》：您在压铸合金材料研发方面做了哪些工作？

熊守美：目前我们国家压铸铝合金材料与国外还有很大差距，国内在用的基本都是传统的压铸铝合金，合金材料非常有限，急需开发自主知识产权的合金材料。国内压铸汽车结构件，大多采用莱茵铝业开发的AlSi10MnMg (Silafont[®]-36)合金，还有AlMg5Si2Mn (Magsimal[®]-59)合金等。关于压铸铝合金材料的开发，我们一直在做，前期做了大量基础研究工作，现阶段的重点还是放在铝合金结构件的开发上，与一汽铸造有限公司合作开发了两种非热处理的压铸铝合金，目前正在开发一种性能更高的可热处理铝合金。目前，非热处理的压铸结构件铝合金材料的开发上取得了一些成果，今年已开始在一汽铸造的汽车减震塔上应用，高性能热处理铝合金正合作开发中。大型结构件用铝合金材料研发意义还是挺大的，我们知道，大的铝合金结构件在生产过程中有一个很大的问题就是热处理变形，如果采用工装校形，工装繁杂，成本很高，非热处理压铸结构件铝合金的应用会提高生产效率，降低成本。我们开发的不需要热处理的铝合金，性能与AlSi10MgMn的T7热处理态性能相当，铸件本体铸态抗拉强度为大于200 MPa，屈服强度大于120 MPa，伸长率大于10%，已经获得专利授权。

除结构件压铸铝合金外，我们团队也在开展高导热压铸铝合金材料的开发，主要面向电机壳、电池壳、逆变器等压铸件应用。

除此之外，我们目前与莱茵铝业有一些合作，对他们的合金材料做表征和分析，并在由学会组织的2020年压铸及有色会议上进行了发表。

《铸造》：请您谈谈我国压铸业与国外的差距，目前我国压铸行业都关注哪些问题？

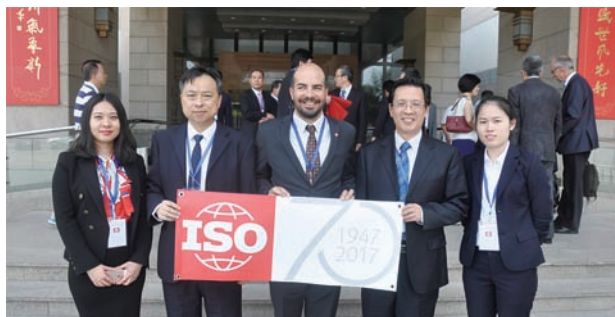
熊守美：主要差距还是在装备智能化、合金材料、工艺设计、模具材料和制造工艺及生产过程控制等方面。国内压铸企业的生产效率偏低，废品率高，同时整体研发投入不足，研发力量薄弱，这都制约了中国压铸产业发展。就工艺技术来说，薄壁结构件设计、精密复杂模具制造、模具自动控温技术、压铸模拟技术以及高性能和高可靠性压铸装备的开发和应用等都需要加快推进，逐渐缩短与国外差距。

中国也有其他方面的优势，像生产成本的优势、综合的生产配套能力方面的优势等。这些优势也使国外的压铸技术和产能向中国转移，为我国压铸业发展带来了机遇和发展空间，加快我国压铸技术进步。

目前大家比较关注的大概包括以下几个方面：一是汽车结构件的开发与应用，讨论比较多的就是特斯拉下车体铸件的应用，是新能源汽车的发展方向；二是压铸装备和压铸件的大型化，6000T、8000T压铸机



在“2021全国压铸年会”上作报告



2017-2019年期间担任ISO/TC306主席，2017年ISO/TC306首次工作会议

需求在不断增加，超大型化压铸设备、大型化及一体化成型压铸件在很多领域开始应用；三是合金材料的问题，铸态性能良好的非热处理压铸铝合金的开发和应用；四是智能化在压铸领域的应用；五是新型可溶型芯的开发与应用；六是3D打印技术在压铸上的应用；七是陶瓷压室的研究与应用。

《铸造》：您对铸造产学研合作和人才培养有哪些看法？

熊守美：现在我们的大部分企业都不太重视研发，企业的需求是有成熟的技术直接应用，可以直接生产产品，并希望马上见到效益；还有一些企业对高校的科研能力没有信心，他们觉得有些问题他们能够自己解决，这些都是企业领导的思路和意识问题。据我了解，我们国内很多企业的研发能力是不够的，例如有些企业的生产效率不高，废品率高，这些都是比较容易解决的问题，如果加强校企合作，可以起到事半功倍的效果。在这些方面我们与国外企业还是存在很大的差距，国外企业很重视产品的研发和人员的培训，他们的研发团队能力是很强的，甚至有的比大学里的科研团队能力强。产学研结合国外有些案例是很好的，例如日本的东北大学和美国的伍斯特大学，很早以前他们就成立了企业联盟，这些企业每年会提供一定的经费来支持科研项目，科研项目的具体方向是

由联盟企业商讨决定的，科研成果由大家共享。我们也一直想实行这种机制，来共同解决行业长期以来存在技术问题，这对推动行业的发展是非常有利的，我与很多的机构沟通联系过这件事情，有些企业也很认同，这是一件公益性的事情，但是一直没有做起来，影响因素太多了，实行起来很困难。

目前高校对铸造专业的人才培养是弱化了，可能会越来越弱，像我们这批人如果退下来，后面可能就没有人搞铸造专业方向的研究了，那么我觉得学会和协会就要承担人才培养的责任了。我看现在学会做的工艺设计大赛做得很好，是否也做个压铸工艺设计大赛，可以结合培训来做，这对于工艺技术人员来说也是一个很大的提升和促进。

《铸造》：您无论是在主持会议、作报告，还是在其他交流场合，都给人严谨认真、平易热情的感觉，这与您长期从事教学和研究有一定关系吧？

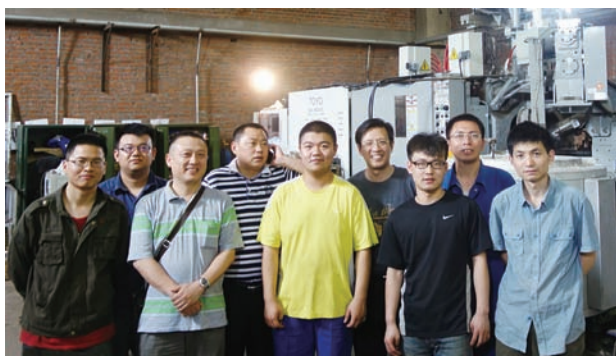
熊守美：这与我的性格有一定关系，也和我生活、学习和工作的经历也有一定关系。小的时候，我的父母对我要求比较严格，要求我认真对待每一件自己要做的事，使我逐渐养成严谨的性格。在大学期间，有一次迟到了，柳百成老师没有批评我，我也没太在意，但后来柳老师送给我一个小闹表，这给我很大触动，我深感愧疚，让我终生难忘。我觉得，我们对人、对事、对工作都应该有足够的尊重和认真，不是我们做得不够好，而是我们可以做得更好。我们与日本东洋有过3期近9年的合作，在合作期间，日本的专家学者和技术人员的工作作风给我很深的印象，他们做事计划性很强，提前制订详细计划，执行计划也严肃认真，经常是按工作内容进度执行的，不是按时间，这种计划和认真到极致的工作态度，使我学到很多东西，受益匪浅。我把我的感受经常分享给我的学生们，在教学和科研工作也严格要求他们，希望他们也能从中受益。当然，在科研工作中我也会做表率，与学生一起制订研究计划和方案，一起做实验。记得在为波音公司做镁基非晶合金研究项目时，我们差不多两天两夜没睡，那种感受是累并快乐着。

我一直都非常关注压铸方面的最新技术，我是北美压铸协会的非北美个人准会员，有很多信息是从参加北美压铸协会会议、相关期刊及访问协会网站得到的。我也经常参加一些高水平的国际会议，每个报告我都会非常认真地听，积极地交流，每一个报告，每一次交流，我都会有收益，都能了解一些信息，学到一些知识。我也很愿意做一些技术分享，这些年我每年在压铸相关会议上做的报告，都会毫无保留把我的科研成果分享给大家，我想如果大家都能认真学习，坦诚交流，潜心来做，都会有成效的。

我学的是铸造专业，我后来的很多研究项目都与压铸有关，我希望通过我的努力能为压铸事业做更多



在国际会议上发言



与学生在实验基地做实验

贡献，希望我国压铸业发展得更好，这是我的初心，也是我努力的方向。我希望与行业的专家学者和企业共同努力，推动压铸行业更快、更好地发展。

结束语

熊守美教授做学问严谨认真，搞科研锐意创新，在中国压铸领域是很有影响力的专家学者。他对待生活也很精致，每次见到熊教授都给人一种清爽利落的感觉，他待人热情，身上有着一一种独特却不张扬的特质，与他交谈，如沐春风。他学问广博，不骄不躁，在研究和开发工作中求真务实、脚踏实地，做到“虚功实做、难事长做”，是科研青年和技术工作者的表率。



《铸造》杂志主编、副主编采访熊守美教授

(文/刘冬梅，图/吕志刚)