

基于模糊自适应PID控制的汽车用锻压镁合金性能研究

李振兴

(天津职业大学 汽车工程学院, 天津 300410)

摘要:温度控制是锻压镁合金的质量和综合性能极其重要的环节。本文采用模糊自适应PID控制进行了AZ31、AZ81镁合金的锻压实验,并进行了合金的显微组织和力学性能的测试和分析。结果表明:模糊自适应PID控制使锻压AZ31镁合金的抗拉强度达278 MPa,断后伸长率达18.8%,使锻压态AZ81镁合金的抗拉强度达324 MPa,断后伸长率达14.7%。

关键词:模糊自适应;PID控制;镁合金;锻压;显微组织;力学性能

DOI: 10.14158/j.cnki.1001-3814.2019.05.043

中图分类号: TG316

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2019)05-0167-03

Study on Properties of Forged Magnesium Alloy for Automobile Based on Fuzzy Adaptive PID Control

LI Zhenxing

(School of Automotive Engineering, Tianjin Vocational Institute, Tianjin 300410, China)

Abstract: The temperature control is very important for the quality and comprehensive properties of forged magnesium alloy. The forging experiments of AZ31 and AZ81 magnesium alloys were carried out by using fuzzy adaptive PID control. The microstructure and mechanical properties of the alloy were tested and analyzed. The results show that the tensile strength and elongation of the forged AZ31 magnesium alloy by fuzzy self-adaptive PID control reaches 278 MPa and 18.8%, respectively; while the tensile strength and elongation of the forged AZ81 magnesium alloy by fuzzy self-adaptive PID control reaches 324 MPa and 14.7%, respectively.

Key words: fuzzy self-adaptive; PID control; magnesium alloy; forging; microstructure; mechanical property

近年来,汽车行业在我国发展迅猛,人们的生活和汽车越来越密切关联。但是汽车作为能源消耗的大户,轻量化、节能环保、安全舒适、高性能等成为了现代汽车行业竞争取胜的关键。因此,铝、镁、钛等合金因轻质、绿色环保越来越多地应用到了汽车生产中^[1]。其中,镁合金具有密度小、比强度和比刚度高、易切削加工、减震性强等优势,其强度和刚度均高于铝合金、高强度钢等材料,因而倍受汽车行业的青睐,成为极具发展前景的轻量化材料^[2-3]。汽车零部件大多为薄壁、复杂件,适于铸造。因此,现今我国的汽车镁合金件大部分为铸件,但铸件存在组织缺陷和综合性能不佳的问题^[4]。通过锻造能够有效

细化组织,改善合金的内部组织缺陷,优化力学性能,但是密排六方结构使得锻造过程中其受温度、变形等因素的影响较大,在室温下的塑性变形能力不佳,温度过高又会促进晶粒增大,减弱变形能力,不利于组织和性能的提高^[5-6]。模糊自适应PID控制方式为新型的智能控制方式,其反应灵敏、控制精度高、抗干扰和适应性强、鲁棒性佳^[7-9]。通过模糊自适应PID方式对镁合金件的锻造过程进行精确控制,能够有效提升汽车镁合金的质量和性能,适于汽车镁合金锻件的工业化生产。因此,本文对汽车镁合金的锻压过程进行了模糊自适应PID控制,以期汽车镁合金锻件的工业化生产提供参考。

1 锻压试验

1.1 试验材料

本文试验材料为AZ31、AZ81汽车用镁合金,其化学成分见表1。汽车镁合金的锻压工艺采用模

收稿日期:2018-03-28

基金项目:天津职业大学科学研究基金资助项目(20141103)

作者简介:李振兴(1988-),男,天津人,实验师,硕士,主要从事汽车技术、汽车材料研究;电话:13820191508;

E-mail:li_zhenxing_love@126.com

糊自适应控制,具体工艺流程为:第1步,在中频感应电炉内熔炼镁合金;第2步,铁模浇注、空冷,制备得到汽车镁合金坯料,尺寸为 $\phi 200\text{mm}\times 1019.2\text{mm}$;第3步,加热坯料,预热自制模具;第4步,将坯料放置于模具腔内,使用15MN锻压机对汽车镁合金进行锻压,获得锻件试样,尺寸为 $\phi 260\text{mm}\times 520\text{mm}$ 。锻压工艺流程如图1所示。锻压过程中始锻温度 440°C 、终锻温度 350°C 、坯料加热温度 480°C 、模具预热温度 250°C ,变形量16%。在汽车镁合金锻压过程中引入模糊自适应PID控制,所有锻压试样都未进行热处理。

表1 镁合金的化学成分(质量分数,%)

Tab.1 Chemical composition of magnesium alloys (wt%)

镁合金	Al	Zn	Mn	Si	Fe	Cu	Ni	Mg
AZ31	3.1	1.1	0.41	0.03	0.002	0.003	0.001	余量
AZ81	8.16	0.72	0.21	0.02	0.004	0.002	0.001	余量

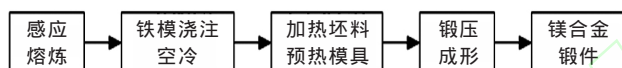


图1 镁合金的锻压工艺流程图

Fig.1 Forging process flow chart of magnesium alloy

1.2 模糊自适应PID控制

图2为模糊自适应PID控制原理图,它分为两大部分:模糊控制和PID控制。PID控制原理是利用比例、积分和微分算法,根据系统产生的误差计算出调节量,比例系数提高系统的控制精度,积分系数消除系统的稳态误差,微分系数则提前抑制误差,控制过大超调量。模糊控制器主要完成模糊化、规则处理和反模糊化操作。模糊自适应PID控制则是结合了模糊技术和PID技术,根据误差和误差变化率,以一定的模糊化规则进行模糊化操作,输入模糊量到系统,通过模糊推理和分析,输出模糊输出量,最后通过加权平均进行反模糊化处理,达到自主调节PID的参数大小、实现自适应控制的目的。模糊自适

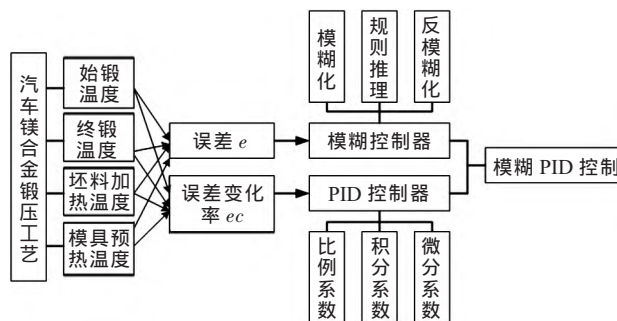


图2 模糊自适应PID控制原理图

Fig.2 Fuzzy adaptive PID control principle diagram

应PID控制的对象是始锻、终锻、加热坯料和模具预热四个温度。选取三角形函数作为隶属函数,模糊集合论域均为 $[-6, 6]$,模糊子集为{NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB}。

1.3 试验方法

在锻件中部切取1个金相试块和3个平行力学性能试样,显微组织试块尺寸为 $20\text{mm}\times 10\text{mm}\times 10\text{mm}$,力学性能试样尺寸为 $\phi 5\text{mm}\times 35\text{mm}$,结果以算术平均值作为测试值。使用4XA型金相显微镜观察汽车镁合金显微组织,观察前需要对试块进行磨制、抛光和腐蚀处理,在观察后通过Image Pro Plus软件记录好试块的平均晶粒尺寸。力学性能测试在室温下进行,测试仪器为ENST拉伸试验机,拉伸速度 2mm/min ,记录抗拉强度、屈服强度和断后伸长率,并采用JAX-8400型扫描电镜观察拉伸试验后试样的表面形貌。

2 试验结果

2.1 显微组织

图3是AZ31、AZ81镁合金试样采用常规以及模糊自适应PID控制锻压的显微组织图片。根据图3可以看出,与常规控制锻压相比,经模糊自适应PID控制的锻压AZ31、AZ81镁合金试样的晶粒都

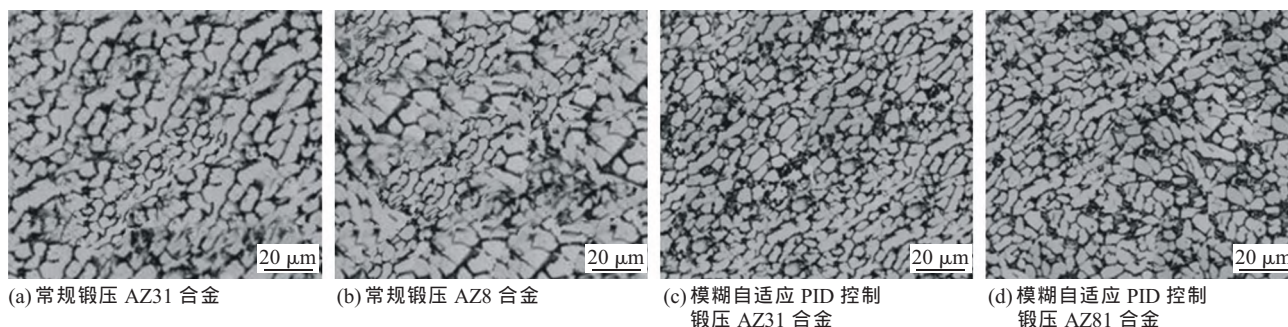


图3 试样的显微组织

Fig.3 Microstructure of samples

更细小,且组织呈整齐、均匀状分布。由此可见,模糊自适应 PID 控制能有效地改善合金的组织。

2.2 力学性能

表 2 是采用模糊自适应 PID 控制的锻压 AZ31、AZ81 镁合金试样的室温力学性能测试结果。从表可以知道,经模糊自适应 PID 控制后,锻压 AZ31 镁合金试样的抗拉强度为 278 MPa,屈服强度为 221 MPa,断后伸长率为 18.8%;而锻压 AZ81 镁合金试样的抗拉强度为 324 MPa,屈服强度为 248 MPa,断后伸长率为 14.7%。由此可见,锻压 AZ31、AZ81 镁合金试样经模糊自适应 PID 控制后的抗拉强度、屈服强度均较大,有益于提升锻压汽车镁合金的强度。

表 2 试样的力学性能测试结果

Tab.2 Mechanical properties test results of samples

镁合金	锻压控制方式	抗拉强度 /MPa	屈服强度 /MPa	断后伸长率 (%)
AZ31	常规控制	253	208	19.2
AZ31	模糊自适应 PID 控制	278	221	18.8
AZ81	常规控制	309	236	15.1
AZ81	模糊自适应 PID 控制	324	248	14.7

图 4 是锻压 AZ31、AZ81 镁合金试样经模糊自适应 PID 控制时的拉伸断口 SEM 图。从图 4 可以看出,二者的拉伸断口均是由一些韧窝及撕裂棱组成,二者的韧窝均较细小,撕裂棱较少而浅,

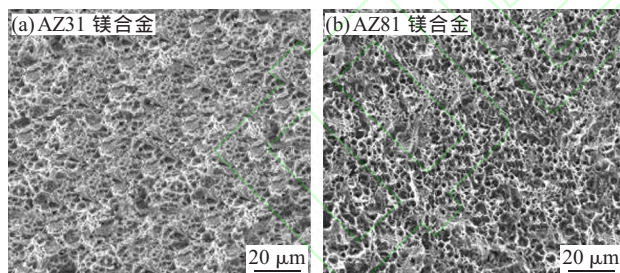


图 4 试样的拉伸断口 SEM 照片


Fig.4 Tensile fracture SEM photos of specimens

表现出较好的拉伸性能。综上所述,模糊自适应 PID 控制能够有效地提高锻压 AZ31、AZ81 镁合金的强度。

3 结论

由于镁合金在锻压过程中,温度的控制是极其重要的一步,对最终汽车产品的质量和综合性能将产生重要的影响。因此,本文采用模糊自适应 PID 控制进行了锻压态 AZ31、AZ81 镁合金的组织、力学性能的测试。经测试和分析得出,模糊自适应 PID 控制能够有效改善合金的组织,细化晶粒;并且有效增大汽车用镁合金的抗拉强度和屈服强度。

参考文献:

- [1] 裴暖暖,杨永顺,尹甜甜,等. 镁合金汽车轮毂挤压成形工艺研究[J]. 热加工工艺,2011,40(17):89-91.
- [2] 李琳琳,张治民. 汽车用镁合金及其塑性加工技术[J]. 轻合金加工技术,2005(11):9-11.
- [3] 王庆娟,杜忠泽,刘长瑞,等. 镁合金塑性加工技术的研究进展[J]. 轻合金加工技术,2006(1):14-18.
- [4] 刘正. 镁合金铸造成型最新研究进展 [J]. 中国材料进展,2011(2):10-15.
- [5] 朱亚哲,李保成,张治民. 镁合金的特点及其塑性加工技术研究进展[J]. 热加工工艺,2012,41(1):88-91.
- [6] 王锐,王晓轩,张娜,等. 高应变率多向锻造及热处理对 GW93 镁合金显微组织和力学性能的影响 [J]. 轻合金加工技术,2017(4):25-31.
- [7] 张锋,李海燕,汪涵,等. 采用自适应模糊 PID 控制的多级齿轮振动主动控制 [J]. 华侨大学学报 (自然科学版),2017(5):619-624.
- [8] 罗飞,雷爽,雷凯. 基于模糊自适应 PID 控制的横切剪系统研究[J]. 现代制造工程,2017(10):129-133.
- [9] 詹长书,程崇,孙世磊. 基于模糊自适应 PID 控制器的空气悬架控制策略研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2015(5):934-938. 

(上接第 166 页)

(3) 经过在 1500mm 热连轧生产线实践使用,粗轧设定计算稳定、准确,模型中间坯宽度预报精度 $\pm 1.5\text{mm}$ 达到 98.7%;换规格第一卷预报精度 3.0mm 达到 94.4%。在立辊一个换辊周期磨损量为 2.8mm。

参考文献:

- [1] 王国栋. 中国钢铁轧制技术的进步与发展趋势 [J]. 钢铁,

2014,49(7):23-26.

- [2] 孙一康. 冷热轧板带轧机的模型和控制[M]. 北京:冶金工业出版社,2010:244-246.
- [3] 吕程,王国栋,刘相华,等. 热连轧精轧宽度自动控制[J]. 钢铁研究,1998(5):52-56.
- [4] 裴雅文. 热轧带钢计算机宽度控制[J]. 钢铁研究,1998(2):20-23. 