**《绿色锻造评价技术规范》编制说明**

**（征求意见稿）**

**一、工作简况**

**1. 任务来源**

本项目是根据2021年第三批中国机械工业联合会团体标准制修订计划（机械标[2021]98号，计划编号20210303，项目名称“绿色锻造评价技术规范”）进行制定，主要起草单位：东风锻造有限公司、江苏太平洋精锻科技股份有限公司、北京机电研究所有限公司、贵州安大航空锻造有限责任公司、内蒙古北方重工业集团有限公司、湖北三环锻造有限公司、一汽锻造（吉林）有限公司、贵州航宇科技发展股份有限公司、河北东安精工股份有限公司、江苏龙城精锻集团有限公司、江苏森威精锻有限公司、芜湖禾田汽车工业有限公司、洛阳智能农业装备研究院有限公司、江苏威鹰机械有限公司、金马工业集团股份有限公司、邯郸峰驰精密制造有限公司、重庆大江杰信锻造有限公司，计划应完成时间为2022年。

**2. 主要工作过程**

**起草阶段：**计划下达后，在全国锻压标准化技术委员会（以下简称“锻标委”）的组织下，成立了由东风锻造有限公司、江苏太平洋精锻科技股份有限公司、北京机电研究所有限公司、贵州安大航空锻造有限责任公司、内蒙古北方重工业集团有限公司、湖北三环锻造有限公司、一汽锻造（吉林）有限公司、贵州航宇科技发展股份有限公司、河北东安精工股份有限公司、江苏龙城精锻集团有限公司、江苏森威精锻有限公司、芜湖禾田汽车工业有限公司、洛阳智能农业装备研究院有限公司、江苏威鹰机械有限公司、金马工业集团股份有限公司、邯郸峰驰精密制造有限公司、重庆大江杰信锻造有限公司组成的标准起草工作组。2021年7月-12月，标准起草工作组先后与湖北、江苏、北京、贵州、内蒙等地的有关科研院所、大专院校、生产企业进行了交流、讨论，依据东风锻造有限公司等生产企业多年来积累的生产经验、数据和资料，结合我国的标准体系、编写要求和有关规定，形成了标准的草案；2022年1月18日，组织召开了起草工作组会议进行讨论，对标准草案进一步完善，于2022年3月形成了征求意见稿。

**3. 主要参加单位和工作组成员及其所做的工作等**

本标准由东风锻造有限公司牵头起草。江苏太平洋精锻科技股份有限公司、北京机电研究所有限公司、贵州安大航空锻造有限责任公司、内蒙古北方重工业集团有限公司、湖北三环锻造有限公司、一汽锻造（吉林）有限公司、贵州航宇科技发展股份有限公司、河北东安精工股份有限公司、江苏龙城精锻集团有限公司、江苏森威精锻有限公司、芜湖禾田汽车工业有限公司、洛阳智能农业装备研究院有限公司、江苏威鹰机械有限公司、金马工业集团股份有限公司、邯郸峰驰精密制造有限公司、重庆大江杰信锻造有限公司参与起草。

工作组成员：吴玉坚、李环宇、夏汉关、周林、金红、王晓飞、孙建国、任胜利、邵光保、兰宝存、张华、张军改、王玲、龚爱军、潘琦俊、王云飞、张太良、赵昌德、刘博、董旭刚、赵业勤、魏巍、杨孝荣、许廷国、陈天赋、陈登鹤、杨良会、李昱、孙伟、陈荣、胡柏丽、郭志强、张扣宝、王春华、马丁丁、潘成海、葛金锋、曹世金。

所做的工作：吴玉坚、李环宇、夏汉关为主要起草人，负责本标准的方案制定、技术参数确定及标准内容编写工作，其中吴玉坚任起草工作组组长，全面协调标准起草工作；周林、金红、王晓飞、孙建国、任胜利、邵光保、兰宝存、张华、张军改、王玲、龚爱军、潘琦俊、王云飞、张太良、赵昌德、刘博、董旭刚、赵业勤、魏巍、杨孝荣、许廷国、陈天赋负责标准资料的收集，查阅、分析国内外相关技术文献和资料，结合不同企业在生产实践中的应用，对绿色锻造技术的要求及评价进行研究和总结；陈登鹤、杨良会、李昱、孙伟、陈荣、胡柏丽、郭志强、张扣宝、王春华、马丁丁、潘成海、葛金锋、曹世金负责标准相关产品生产和使用情况的调研，对各方面的意见及建议进行归纳、分析，以及协助产品试验等工作。

**二、标准编制原则、主要内容和解决的主要问题**

**1. 标准编制原则**

本标准是首次制定。本标准按照GB/T 1.1—2020给出的规则起草。本标准制定时，以“标准与绿色制造基本要求和相关政策、法规、标准、管理方法协调一致”为准则，技术条款涵盖锻造企业生产的全过程、全链条和全要素，全面、系统建立绿色锻造技术评价体系。根据我国锻造行业的实际生产现状与技术改进需求，将指标评价与生命周期评价相结合，结合行业同类水平对评价证据进行定量和定性分析，可操作性强，便于推广应用，体现对于绿色锻造的鼓励和正向引导与标准的引领作用，促进我国绿色锻造的提高与发展。

**2. 标准主要内容**

本文件规定了绿色锻造的评价原则、评价方法、评价指标、评价流程、评价要求、评价报告、评价结果判定及文档管理。

本文件适用于绿色锻造的评价。

**3. 解决的主要问题**

锻造作为基础行业，是耗材、耗能的“资源消耗大户”，其能耗约占机械制造行业总能耗的25%、年释放千万吨温室气体。在我国的锻造企业中，传统锻造方式普遍存在锻件材料利用率低下，原材料浪费巨大；能源利用不合理，浪费严重；模具使用寿命低下、生产低效、产品质量不高，对环境污染的影响很大，给生态环境带来了巨大压力；企业安全、环境管理体系不规范，隐患多等问题，导致我国制造业的绿色化进程受到一定限制。绿色锻造是我国锻造行业转型升级发展的必经之路，为贯彻国家绿色发展理念，落实《中国制造2025》，全面推行绿色制造工程，以创新驱动、标准引领为原则，切实履行碳达峰、碳中和的承诺，结合锻造企业节能减排的最佳实践总结，推动行业优质、低耗、高效及清洁化，倒逼高耗能、高排放企业转型升级。

本标准针对我国绿色锻造产业的现状，以锻造产品全生命周期资源消耗极少、生态环境负面影响极小、人体健康与安全危害极小等为目标，从企业的基本要求到符合性指标的资源属性、能源属性、环境属性、产品属性，以原材料质量、节材技术、生产效率、模具寿命、资源损耗、碳排放、质量评价等为关键项确定了绿色锻造的评价标准，符合我国锻造行业的现状，明晰了我国绿色锻造具体评价指标和要求。

本标准首次规定了绿色锻造评价的技术规范，填补了我国锻造领域绿色化发展方面无标准的现状，推动了锻造行业的绿色化进程。

**三、明确是否有对应的国家标准或行业标准**

目前，没有对应的国家标准或行业标准。

本标准制定时参考了国内锻造企业实际生产中的先进工艺和技术，采纳了更加符合我国节能减排绿色制造的锻造技术方案和有效的措施。本标准适用于批量生产的锻造企业，其编制原则是在保证产品质量的前提下，结合具体生产条件，最经济合理地使用材料、节约能源、同时提升模具寿命和生产效率，并有效关注锻件实物质量和企业的质量保证体系。

**四、主要试验（或验证）情况分析**

本标准的编制主要以东风锻造有限公司、太平洋精锻科技股份有限公司等锻造企业多年的绿色实践经验为基础。针对本标准中与绿色锻造评价技术相关的内容，进行了充分的试验和研究，为绿色锻造的评价提供了必要的参考资料。东风锻造有限公司建于1969年，以热模锻造为主要工艺，拥有从18 MN到125 MN全系列热模锻压力机，具备年产15万吨热模锻件的生产能力，原材料、动能消耗约占总成本的60%和10%。作为直接承担节能减排任务最前沿的具体实践者，企业始终把节材、节能、减少排放工作放在首位，并与提升企业竞争力紧密结合。东风锻造在现有技术的基础上，按照热模锻造绿色可持续的发展的要求，展开绿色低碳的具体实践，总结如下。

1. 原材料的使用方面的试验情况。

材料是锻造的一个重要成本因素，也是决定锻件性能与功能的重要因素。材料的选择要从全价值链上成本最低、全过程中耗能最少、排放最低等方面考虑，如连铸连轧材、非调质钢等是我们优先选择的“绿色”材料。

（1）连铸钢比模铸钢成材率高百分之十以上，耗能也相应节省10%~15%，连铸连轧省去了中间再次加热轧制材料的能耗，带来明显的成本优势。东风锻造90%以上的产品采用连铸连轧材料，其余在批量生产的进程中逐步由模铸材切换到连铸连轧材。

（2）非调质钢是采用微合金化冶炼方法，在碳钢或碳锰钢中加入一定的微量元素V、N、Nb、 Ti等起析出强化和细化晶粒作用，材料锻造成形后通过控制锻后余热冷却速度以达到调质处理的力学性能、疲劳寿命水平，直接在工程中使用，以替代部分中碳、中碳低合金调质钢。非调质钢省去了调质工序的再加热淬火和高温回火的全部能耗，每kg锻件节电0.7kWh左右，并缩短了生产制造周期，另外非调质钢具有优越的加工性能，提高了产品机加工制造的效率，在国外已广泛推广应用，日本、美国等国家非调质钢占比到达了70~80%。国内，东风锻造最早与钢厂联合开发并使用非调质钢技术，目前采用非调质钢材料的锻件占到了45%，常用非调质钢号有48MnV、30MnVS、38MnSiV5、49MnVS3、C38N2、C70Mod、S45CVS等等。

（3）严控材料来源，做到材料端面平整、无毛刺，下料时不需切头，减少料头损失。料尾则通过倍尺供货来减少剩余料长，当同一规格材料用于多个品种产品生产时，采用套裁下料来缩短料尾。长径比大的坯料如曲轴等产品，倍尺采购与非倍尺采购之间的下料材料消耗差异就超过10%，包括节省了这部分料头、料尾的运输成本以及料头、料尾变成废料的价差，倍尺材的使用让企业每年减少数百万的损失。

1. 锻造成形工艺方面的实践。

（1）小飞边锻造。热模锻造主要依靠飞边桥部形成阻力迫使金属充满型腔，多余金属流到仓部形成飞边，过多的金属不仅增加材料消耗和加热能耗，还会缩短模具的使用寿命。东风锻造一直致力于减少飞边的工艺改善，主要是通过改变预成形模以及增加制坯模等技术方案合理预分配金属量，促使金属更易充满终锻模型腔。如长杆类锻件主要应用引进的辊锻软件提高辊锻的设计精度，实现飞边尺寸的减小。同时开发并不断完善半闭式成形技术，从最初应用于十字轴锻件成形到变速箱的一轴、二轴等杆类锻件成形，最终成功应用到曲轴等复杂锻件的半闭式成形，减小了飞边，材料利用率提升了3%~5%。

（2）无飞边锻造。通过多项技术创新，东风锻造创造性地开发出了在热模锻压力机上的闭式锻造工艺，实现了回转体等盘类零件在热模锻压力机上的无飞边锻造，并大批量生产PV齿轮锻件，近几年成功推广应用到CV齿轮锻件，锻件材料利用率提高了10%~15%，节省了大量材料消耗以及相应加热能耗，该创新成果获得了汽车行业科技进步奖。

（3）减少锻件加工余量。

减少料头、料尾到减少飞边乃至无飞边锻造，锻件的材料利用率能够提高到90%以上，但从产品的角度看，产品材料利用率仍只有55%~65%，锻件在加工成产品的过程中，大量的金属变成了铁屑，并增加了切削加工能耗和刀具消耗。如某品牌轿车变速箱轴、齿的平均锻件材料利用率为84%，而平均产品材料利用率仅为52%。因此，减少锻件加工余量和工艺余块为热模锻造提供了更大的节材、节能空间。

通过模具制造技术、坯料少无氧化加热技术以及顶料机构的改进，东风锻造全力推进热精密锻造技术。将锻件的加工余量从1.5mm减少到0.8mm，再到0.5mm，模锻斜度也从7°减到3°，再到1.5°。部分锻件甚至取消了加工余量，原来的加工面变成非加工面，如曲轴的平衡块侧面由加工面改为非加工面，余量再加上模锻斜度上的大量金属加工节省了下来，产品材料利用率提高了13%。

以前对于小孔轮毂类锻件上20~30毫米的深孔均做盲孔处理，留给机加工钻孔解决。现通过技术创新，采用挤孔工艺替代冲孔工艺，实现了小孔成形，突破了热模锻造成形的孔径参数极限，节省材料的同时减去了钻孔工序的加工消耗。

1. 锻造余热利用节能减排。

锻造余热淬火是钢坯在稳定的奥氏体区锻造成形后，当其温度高于Ar3（对亚共析钢而言）条件下，利用锻件余热在介质中淬火，并在合适的温度下回火，代替调质热处理，是锻造和热处理相结合的综合工艺。余热淬火较大地提高了材料淬透性，有较好的回火稳定性，增加了热处理工艺调整余地，是一种成熟的工艺，易于在大批量热模锻造的生产过程中实现，省去了锻件重新加热淬火的工序，每kg锻件节电0.4kWh左右。与普通淬火相比，余热淬火的晶粒粗大，易于切削加工。对于晶粒度有要求的，先冷却到600℃左右再加热、均温后淬火，可获得与正常调质一致的晶粒度，能够节省从室温到600℃的加热能耗。

东风锻造广泛应用余热淬火的同时，推广应用余热退火、余热等温正火等工作，利用余热进行热处理的比重已超过了10%。

1. 节能降耗方面的实践总结。

环境污染、资源短缺的解决方案就是要最大限度地降耗减排，精密锻造是节材、节能的有效途径。精密锻造由于减少甚至不需要切削加工，降低了原材料的消耗。精密锻造节省原材料的空间很大，如某汽车差速器齿轮锻件材料利用率74%，而产品材料利用率只有33%，大量金属被切削加工掉，采用精密锻造成形后产品材料利用率提高到67%，节省了34%的材料。

精密锻造的汽车零件能够节省原材料20%~30%，机械性能提高15%~30%。目前，日本模锻件中精密模锻件占比为36%、德国为37%，我国精密模锻件在模锻件中仅占6~8%，国内精密锻件的市场潜力很大，蕴藏着巨大的发展机遇。

冷、温锻技术是最先进的少无切削精密锻造成形技术，目前精密锻造采取的工艺主要有冷锻、温锻、热精锻及热加冷精整复合锻造等工艺。热精锻是在再结晶温度以上进行的塑性变形，通常加热到1220~1250℃，其成形力很小，塑性变形后不存在加工硬化现象。采用热精锻技术，突破冷、温锻件尺寸重量的限制，将精密锻造的范围扩大了到CV更多的锻件。

热加冷精整具有显著的优势并在实际中得到更多的应用，如变速箱内的结合齿和定滑轮，复杂成形部分采用热模锻造成形，齿形部分热精锻成形后再进行冷精整。

结合齿是由齿环与齿轮组成、定滑轮由齿轮与轴组成，组合在一起锻造成形。类似的组合成形由于零件间不再需要连接、紧固，省去了结合面的机加工和装配，缩小部件空间尺寸，整个部件大小尺寸可以设计得更小，从而减轻部件的重量，更好地满足了汽车轻量化的需求。

多零件组合后尺寸较大、形状也更为复杂，如变速箱内的多个齿轮和轴整体成形、转向系统上的转向节和控制臂一体化等，大幅度提高了锻造成形的技术难度。这正是热模锻造发挥优势的发展方向，组合成形显著的节材及轻量化效果为热模锻造发展开拓了一条重要的技术途径。

**五、标准中涉及专利的情况**

本标准不涉及专利问题。

**六、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况**

我国是世界锻压生产大国，但还不是强国，尚存在制造技术基础薄弱，创新能力不强，制造过程资源、能源消耗大，污染严重等问题。发展绿色锻造必将促进锻造业的可持续发展，使得锻件在其整个生命周期中，资源消耗极少，生态环境负面影响极小、人体健康与安全危害极小，并最终实现企业经济效益和社会效益的持续协调优化。

本标准主要关注节材，节能、降耗、提升模具寿命、提升制造效率以及锻件质量的提高。本标准的发布实施，有助于引导企业最经济合理地使用材料，减少资源浪费，引导产业的进步和发展，有助于锻造行业走科技含量高、资源消耗低、环境污染少的新型工业化道路，必将加速我国锻造行业的制造技术升级，提高我国锻造业的市场竞争能力，为我国的环境保护事业做出贡献，具有非常显著的社会效益。

仅以模锻领域为例，目前我国模锻件产量已位居世界第一，但基本上是采用热锻工艺生产，锻件的材料利用率低下，原材料浪费巨大。现生产的锻件精度较低，零件“肥头大耳”，造成材料资源的利用率低，浪费比较严重。本标准从绿色制造的角度，对绿色锻造技术进行了规范并提出了实用性强的新技术建议。如某汽车差速器齿轮锻件材料利用率74%，而产品材料利用率只有33%，大量金属被切削加工掉，采用无飞边精密锻造成形后产品的材料利用率提高到67%。随着我国汽车产销规模的进一步扩大，汽车模锻件的年需求量将超过700万吨，按比重锻件的材料利用率提升1%，将节约至少7万吨钢材的消耗，按每吨锻件耗电1200kWh计算将节约电量8400万kWh。同时减少大量切削加工及刀具损耗，为客户创造了价值，标准对我国锻压产业的转型升级有积极的推动作用。

**七、采用国际标准和国外先进标准情况**

本标准没有采用国际标准和国外先进标准，本标准属于我国自主研发的标准，没有对应的国际和国外标准。本标准在制定过程中，综合考虑了国内锻造企业的整体生产水平，结合新工艺的使用，使制定的标准更适合我国的国情，适用性和可操作性更强。

**八、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性**

本标准与现行法律、法规、规章及相关标准（包括强制性国家标准）协调一致、无冲突。

**九、重大分歧意见的处理经过和依据**

无。

**十、其他应予说明的事项**

无。

《绿色锻造评价技术规范》标准起草组

2022年 3月 20 日