

中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

重型机械 再制造设计规范

Heavy mechanical—Design specification for remanufacturing

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 技术要求	3
4.1 一般要求	3
4.2 通用技术要求	4
4.3 再制造方案要求	4
5 重型机械再制造主要工作内容	5
5.1 工作流程	5
5.2 再制造性评价	5
5.3 前处理工艺	5
5.4 过程工艺	7
5.5 后处理工艺	8
图 1 重型机械再制造工作流程	5
表 1 重型机械再制造清洗方式及适用范围	6
表 2 重型机械再制造检测方式及适用范围	6
表 2（续） 重型机械再制造检测方式及适用范围	7
表 3 工艺分类	7
表 A.1 典型重型机械再制造产品修复技术及技术指标	9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由全国冶金设备标准化技术委员会（SAC/TC409）提出并归口。

本文件起草单位：泰尔（安徽）工业科技服务有限公司、中国重型机械研究院股份公司、泰尔重工股份有限公司、南京航空航天大学、中重科技（江苏）有限公司。

本文件主要起草人：夏清华

本文件为首次发布。

重型机械 再制造设计规范

1 范围

本文件规定了重型机械再制造设计的技术要求及主要工作内容。

本文件适用于重型机械及零部件再制造的工艺设计，其他产品再制造设计也可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 28618 机械产品再制造 通用技术要求
- GB/T 28619 再制造 术语
- GB/T 28620 再制造率的计算方法
- GB/T 29795 激光修复技术术语和定义
- GB/T 31207 机械产品再制造质量管理要求
- GB/T 31208 再制造毛坯质量检验方法
- GB/T 32811 机械产品再制造性评价技术规范
- GB/T 33947 再制造 机械加工技术规范
- GB/T 34631 再制造 机械零件剩余寿命评估指南
- GB/T 37400.10 重型机械通用技术条件 第10部分：装配
- GB/T 37400.12 重型机械通用技术条件 第12部分：涂装
- GB/T 40737 再制造 激光熔覆层性能试验方法
- GB/T 41477 激光熔覆修复金属零部件力学性能试验方法

3 术语和定义

GB/T 28619、GB/T 29795界定的术语和定义适用于本文件。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 在设计阶段应考虑重型机械的再制造性，主要包括以下几个方面：

- a) 易分类；
- b) 易拆卸；
- c) 可清洗；
- d) 易检测；
- e) 易更换。

4.1.2 基于重型机械工件大、附加值高、难移动等特点，在选择再制造加工工艺时一般要考虑以下几点：

- a) 工件的可移动性;
- b) 工艺对材料的适应性;
- c) 工艺对修复结构的适用性;
- d) 工艺对性能要求的适用性;
- e) 经济性与环保性。

4.2 通用技术要求

4.2.1 再制造方式

4.2.1.1 重型机械再制造方式通常有破坏性修复、非破坏性修复、原位修复、异位修复等，应优先选择非破坏性修复和原位修复。

4.2.1.2 重型机械再制造方式在设计时要考虑可操作性，避免由于构件形态尺寸特殊性导致再制造空间受限，造成个别位置无法进行修复或无法开展再制造。

4.2.2 再制造工艺

4.2.2.1 在重型机械进行再制造设计时，应根据构件服役情况、表面状态、缺陷及损伤类型、损伤位置及尺寸选用合理的再制造工艺。

4.2.2.2 对于表面缺陷尺寸较大、缺陷位置较深、构件形状常规的重型机械进行再制造设计时，需要考虑其经济性，采用修复速度快捷的再制造工艺。

4.2.2.3 对于构件缺陷较小、构件形状特殊的重型机械进行再制造设计时，需要考虑施工的可行性、修复后尺寸变形小的再制造工艺。

4.2.2.4 重型机械进行再制造设计时，应还原构件表面状态、采用小区域高效率再制造修复以降低再制造成本。

4.2.3 再制造材料

4.2.3.1 重型机械构件进行再制造设计时，选用再制造材料应考虑与构件材料性质、构件表面状态、构件服役性能要求相匹配。

4.2.3.2 在多种材料同时能够满足再制造需求的情况下应以经济性和便捷性为主要前提。

4.2.3.3 针对单一构件进行再制造设计时选用焊丝或粉末的材质种类和规格应减少，并使其剩下余料最少，以提高原材料的利用率。

4.2.4 典型重型机械再制造产品修复技术及技术指标

典型重型机械再制造产品修复技术及技术指标参见附录 A。

4.3 再制造方案要求

4.3.1 设计方案要求

重型机械再制造设计方案应包含再制造前状态、加工前要求、工艺要求、加工材料要求、加工过程要求、加工后要求、加工后检测、安全环保要求等技术内容。

4.3.2 工艺方案要求

4.3.2.1 重型机械再制造通用技术要求应符合 GB/T 28618 的规定。

4.3.2.2 重型机械再制造机械加工应符合 GB/T 33947 的规定。

4.3.2.3 重型机械再制造质量管理要求应符合 GB/T 31207 的规定。

4.3.2.4 重型机械构件再制造率应符合 GB/T 28620 的规定。

4.3.2.5 重型机械再制造构件质量检验方法应符合 GB/T 31208 的规定。

4.3.2.6 重型机械再制造零件剩余寿命评估应符合 GB/T 34631 的规定。

5 重型机械再制造主要工作内容

5.1 工作流程

根据再制造产品质量要求，优化设计建立再制造生产模式及工艺标准提供可行的再制造生产方案，主要工作流程如图 1 所示。

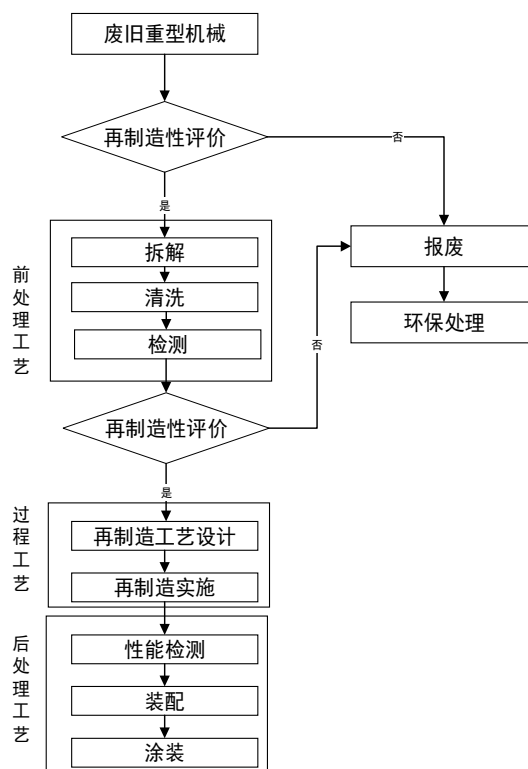


图 1 重型机械再制造工作流程

5.2 再制造性评价

为确定废旧重型机械所具有的实际再制造性，应对废旧重型机械进行再制造性评价。再制造性评价具体按照GB/T 32811执行。

5.3 前处理工艺

5.3.1 拆解

5.3.1.1 设计确定拆解流程、拆解步骤，拆解工具及场所等内容。

5.3.1.2 部件在拆解前应做好装配标识，标识应能清晰可见。

5.3.1.3 拆解工作量应减少至最低，在保证受损部件拆卸下来的情况下，螺栓和垫板等应尽量保留在原设备上。

5.3.2 清洗

5.3.2.1 设计确定清洗部位，清洗工艺流程，清洗质量标准，清洗设备及场所等内容。

5.3.2.2 根据工件所处的工作环境，对重型机械表面油污类型进行推断，合理选择有机溶剂、碱性溶剂或化学清洗剂对工件进行清洗，具体清洗方式及适用范围见表 1。

5.3.2.3 根据构件尺寸大小、清洗难易程度采用合适的去污方式。

表1 重型机械再制造清洗方式及适用范围

清洗方式	基本原理	适用污染物
手工清洗	使用吹风机、金属刷、金属轮、刮刀、手电钻、砂纸、织物和布料等对再制造毛坯表面污染物进行手工去除，通常作为实施其它清洗方式的辅助手段。	灰尘、油污、氧化层、涂装物（油漆、塑胶、橡胶）等。
溶剂清洗	利用“相似相溶”原理，使用有机溶剂将油污、油漆等再制造毛坯表面污染物溶解去除，属于化学清洗。常用的有机溶剂包括汽油、煤油、乙醇、丙酮、二甲苯和各种卤代烃等。	灰尘、油污、涂装物（油漆、塑胶）等。
酸洗	利用酸溶液去除再制造毛坯表面油污、氧化皮、锈蚀物的方法，属于化学清洗。常用酸有硫酸、盐酸、磷酸、硝酸、铬酸、氢氟酸和各类有机酸等。	氧化皮、锈蚀、水垢等。
超声波清洗	利用超声波在液体中的空化作用，加速作用及直进流作用对再制造毛坯表面污染物进行分散、乳化、剥离以实现清洗，常与清洗剂配合使用，通常属于化学清洗范畴。	灰尘、油污、颗粒、磨屑、涂装物（油漆、塑胶）等。
喷砂清洗	以压缩空气为动力将磨料（石英砂、棕刚玉、金属砂、坚果壳等）以高速喷射到再制造毛坯表面，利用高速运动的磨料的冲击和切削作用，使再制造毛坯表面氧化皮、锈蚀等清除，并产生一定的表面粗糙度，属于物理清洗。	氧化皮、锈蚀、涂装物（油漆、塑胶）等
激光清洗	利用高能激光束照射再制造毛坯表面，使表面的油污、氧化层或涂层发生瞬间蒸发或剥离，属于物理清洗。	氧化层、油污等。

5.3.3 检测

5.3.3.1 设计确定检测部位，检测工艺流程，检测质量标准，检测设备及场所等内容。

5.3.3.2 主要针对工件的腐蚀、磨损等问题采用合理的检测工艺，确定需修复的面积，具体检测方式及适用范围见表2。

表2 重型机械再制造检测方式及适用范围

检测类型	检测方法	检测特点	应用范围
变形、磨损检测	量具测量	采用游标卡尺、深度尺、塞尺、卷尺等来进行尺寸的测量。	板类、轴类等零部件的外形尺寸、内孔尺寸测量。
	坐标测量	三坐标测量复杂形状表面尺寸。	轴承、缸体、齿轮等空间型面的尺寸测量。
	激光检测	一种非接触式测量，精度高，适合大型构件的在线检测。	轧机牌坊、大型轴承座等重型装备现场空间位置尺寸测量。
裂纹检测	渗透检测	检测金属再制造毛坯表面的开口缺陷，直观显示缺陷形状和位置。	表面裂纹、气孔等缺陷的检测。
	磁粉检测	检测导磁金属表面和近表面裂纹缺陷，采用交流电磁化可检测表面下2mm以内缺陷，采用直流电磁化，可检测表面下6mm缺陷。	合金钢表面及近表面裂纹、夹层等缺陷检测。

表 2（续） 重型机械再制造检测方式及适用范围

检测类型	检测方法	检测特点	应用范围
裂纹检测	超声检测	超声波在材料内部传播，与内部缺陷发生相互作用，根据反射信号的幅度评估缺陷大小。	零件内部裂纹、夹渣、夹层等缺陷的检测及定位。
	射线检测	利用射线在穿透物质的过程中被吸收和散射面衰减的原理直观地显示缺陷影像，对缺陷及逆行定性，定量与定位分析。该方法难于发现垂直射线方法的平面缺陷。	适应于所有材料内部体积型缺陷检测。

5.4 过程工艺

5.4.1 再制造工艺设计

再制造工艺设计的工艺名称、定义、适用场景及常用材料见表3。

表3 工艺分类

序号	工艺名称	定义	适用场景	常用材料
1	堆焊	为增大或恢复焊件尺寸，或使焊件表面获得具有特殊性能的熔覆金属而进行的焊接。	用于大尺寸磨损和崩裂构件经济、快速的修复，一般修复层厚度 $>1\text{mm}$ 。	碳钢焊丝、合金钢焊丝、不锈钢焊丝等
2	热喷涂	在喷涂枪内或外将喷涂材料加热到塑性或熔化状态，然后喷射于经预处理的基体表面上，基体保持未熔状态形成涂层的方法。	用于获得工件表面小厚度尺寸涂层、获取不同硬度、耐磨、耐腐蚀、耐热、抗氧化、隔热、绝缘、导电以及其他各种特殊物理化学性能的工艺一般涂层厚度 $<0.5\text{mm}$ 。	合金粉末：不锈钢粉末、高温合金粉末等； 金属陶瓷粉末：碳化钨、碳化钛、碳化铬等； 陶瓷粉末：氧化铝、氧化锆、氧化钛等。
3	激光熔覆	利用高能量密度激光束快速加热熔化熔覆材料，在基材表面形成熔池，冷却凝固后在基材表面形成冶金结合层的一种激光加工技术。	用于高经济效益要求、低稀释度与良好冶金结合、基材与涂层材料性能存在差异、对基体材料表面的耐磨、耐蚀、耐热、抗氧化及电器特性等进行显著提高且不影响基体的性质的工艺，一般涂层厚度在 $1\text{mm}\sim 5\text{mm}$ 。	合金粉末：不锈钢粉末、高温合金粉末等； 金属陶瓷粉末：碳化钨、碳化钛、碳化铬等。
4	增材制造	以三维模型数据为基础，通过材料堆积的方式制造零件或实物的工艺。	主要用于零件立体随型制造。	合金粉末：不锈钢粉末、模具钢粉末、高温合金粉末等

5.4.2 再制造实施

5.4.2.1 再制造实施优先采用自动化的表面工程技术，并严格按照工艺要求进行再制造毛坯表面修复层的加工制备。

5.4.2.2 再制造实施场地应设有必要的降噪、除尘、通风、防渗等设施，操作人员应进行必要的劳动防护，再制造过程中产生的各种废弃物应进行必要的环保处理。

5.5 后处理工艺

5.5.1 性能检测

5.5.1.1 设计确定适用于再制造废旧重型机械及零件服役性能的检测方法、检测流程、检测标准和检测场所等内容。

5.5.1.2 性能检测工艺应符合 GB/T 41477 与 GB/T 40737 的相关规定。

5.5.2 装配

5.5.2.1 设计确定再制造产品装配流程，装配标准，装配设备及场所等内容。

5.5.2.2 装配工艺应符合 GB/T 37400.10 相关规定。

5.5.3 涂装

5.5.3.1 设计确定再制造产品涂装部位、涂装流程、涂装标准、涂装设备材料和涂装设备空间等内容。涂装工艺应符合 GB/T 37400.12 相关规定。

附录 A
(资料性附录)

典型重型机械再制造产品修复技术及技术指标

表 A.1 典型重型机械再制造产品修复技术及技术指标

序号	类型	产品名称	再制造技术	技术指标
1	辊类产品	层流冷却辊	激光熔覆技术	结合强度: >400MPa 硬度: 55~60HRC 涂层厚度: 1mm~1.5mm
2		活套辊	激光熔覆技术	结合强度: >400MPa 硬度: 55~60HRC 涂层厚度: 1.5mm~2mm
3		助卷辊	激光熔覆技术	结合强度: >400MPa 硬度: 55~60HRC 涂层厚度: 1.5mm~2mm
4		型钢输送辊	激光熔覆技术	结合强度: >400MPa 硬度(300℃): ≥40HRC 涂层厚度: ≥1.5mm
5		锌锅沉没辊	热喷涂技术	结合强度: ≥70MPa 硬度: 1100-1300HV0.3 涂层厚度: 0.1mm~0.12mm
6		退火炉炉辊	热喷涂技术	结合强度: ≥70MPa 硬度: 900HV-1000HV0.3 涂层厚度: 0.06mm~0.08mm
7		夹送辊	堆焊	结合强度: >400MPa 硬度: 54~58HRC 涂层厚度: ≥10mm
8		连铸辊	堆焊	结合强度: >400MPa 硬度: 44~50HRC 涂层厚度: 4mm~5mm

表A.1（续） 典型重型机械再制造产品修复技术及技术指标

序号	类型	产品名称	再制造技术	技术指标
9	板类产品	阶梯垫板	激光熔覆技术	结合强度：>400MPa 硬度：55~60HRC 涂层厚度：1mm~2mm
10		侧导板	激光熔覆技术	结合强度：>400MPa 硬度（600℃）：≥50HRC 涂层厚度：≥6mm
11		结晶器铜板	热喷涂技术	结合强度：≥80MPa 硬度：50~55HRC 涂层厚度：≥0.5mm
12	传动零部件	辊端轴套	激光熔覆技术	结合强度：>400MPa 硬度：50~55HRC 涂层厚度：0.5mm~2mm
13		中间接轴	激光熔覆技术	结合强度：>400MPa 硬度：>30HRC 涂层厚度：0.5mm~2mm
14		十字轴	激光熔覆技术	结合强度：>400MPa 硬度：58~62HRC 涂层厚度：0.5mm~2mm
15		外齿轴套 （断齿）	增材制造	结合强度：>400MPa 硬度：45~50HRC
16		花键	增材制造	结合强度：>400MPa 硬度：28~32HRC
17	现场再制造	轧机牌坊	激光熔覆技术	结合强度：>400MPa 硬度：≥30HRC 涂层厚度：0.5mm~2mm