

团 体 标 准

T/CCMI XXX—XXXX

大型环形锻件机械加工余量与公差 设计规范

**Design specification for machining allowance and tolerance
of large ring forgings**

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中 国 锻 压 协 会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 机械加工余量	1
3.2 尺寸公差	1
3.3 环件公称尺寸	1
3.4 热轧环形件	1
3.5 矩形热轧环形件	2
3.6 异形热轧环形件	2
3.7 壁厚	2
3.8 余块	2
3.9 异形热轧环形件斜度	2
4 一般要求	3
4.1 余量影响因素	3
4.2 结构因素	3
4.3 材质因素	3
4.4 形状复杂因素	3
4.5 异形热轧环件设计原则	4
4.6 轧制设备因素	4
4.7 热处理胀缩因素	4
4.8 形位偏差	4
5 余量及公差	4
附录 A (资料性) 机械加工余量与公差表的使用	11

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。

本文件由中国锻压协会提出并归口。

本文件起草单位：中航卓越锻造（无锡）有限公司，贵州安大航空锻造有限责任公司，洛阳轴承研究所有限公司，江阴市恒润环锻有限公司，贵州航宇科技发展股份有限公司，东方电气（广州）重型机器有限公司，中国铁建重工集团有限公司，中交天和机械设备制造有限公司。

本文件主要起草人：沈志远、郭亮、吴军、李少雨、邓伟、李松强、汪刚、吴燕芬。

本文件是首次发布。

大型环形锻件机械加工余量与公差设计规范

1 范围

本文件适用于径一轴双向联合辗压成形卧式辗环机，最小外径尺寸不小于 $\phi 4000\text{mm}$ ，壁厚不超过 800mm ，最大高度尺寸不大于 1500mm 的大型热轧环形锻件的机械加工余量与公差的设计。其它设备可以参考本文件设计机械加工余量与公差，但应根据不同设备实际运行情况而调整。

本文件规定了在径一轴双向联合辗压成形卧式辗环机上轧制生产的结构钢、工具钢、不锈钢、耐热钢、高温合金、钛合金、铝合金热轧环形锻件的机械加工余量与公差。

如生产厂家配备有环件胀形或整形设备，其机械加工余量和公差设计不适用于本文件。

注：在不引起混淆的情况下，本文件中的“机械加工余量”简称为“余量”。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 8541 锻压术语

JB/T 10478-2004 热轧环形锻件机械加工余量及公差

3 术语和定义

GB/T 8451和JB/T 10478-2004界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

机械加工余量 machining allowance

为了获得要求的几何精度及表面质量在机械加工过程中而必须从环件表面切除预留的金属厚度。

3.2

尺寸公差 dimensional tolerance

允许尺寸的变动量。辗压成形公差是为了描述轧制过程中出现的不精确而制定的环件公称尺寸与实际尺寸之间允许的偏差。环件实际尺寸大于环件公称尺寸的称为正偏差，小于环件公称尺寸的称为负偏差。

3.3

环件公称尺寸 nominal dimensions of ring forging

机械加工余量环形零件的公称尺寸加上余量后的尺寸。

3.4

热轧环形件 hot rolled ring

在专门用于环形件轧制的辗环机上热轧生产的环形锻件称为热轧环形件。

3.5

矩形热轧环形件 hot rolled ring with rectangular cross section

轴向截面为矩形且内外圆周面平行于环形件轴线的热轧环形件，见图 1。

3.6

异形热轧环形件 hot rolled ring with special shape

具有非矩形热轧环形件截面的热轧环形件统称为异形热轧环形件，见图 2。

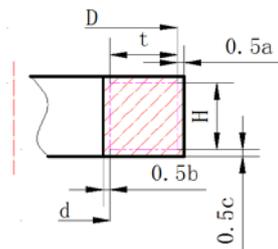


图 1 矩形热轧环形件

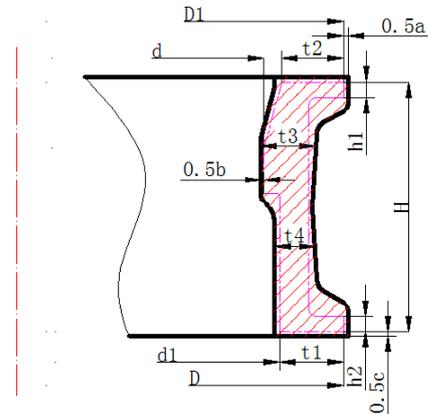


图 2 异形热轧环形件

3.7

壁厚 wall thickness

环形件径向厚度。图 1 中示例：环件壁厚表示为 t ，即 $t = (D - d) / 2$ 。图 2 中示例：环件壁厚有 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 ，异形热轧环形件壁厚取其中最大值。

3.8

余块 excess metal

为满足热轧环形件轧制工艺的需要，简化热轧环形件截面外形而在热轧环形件某些台阶间或过渡处增加的部分金属。见图 3。

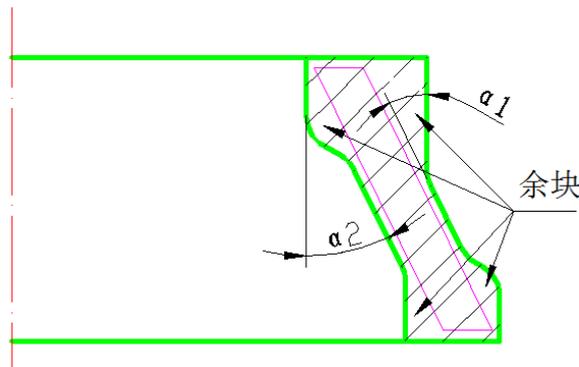


图3 余块

3.9

异形热轧环形件斜度 bevel angle of special-shaped hot rolled ring

是指异形热轧环形件内圆锥面母线或外圆锥面母线与环件轴线的最大夹角。见图3中的 $\alpha 1$ 和 $\alpha 2$ 。

4 一般要求

4.1 余量影响因素：

锻件的表面质量受坯料裂纹、折叠、凹坑及脱碳层等影响，其深度与锻造、环轧过程有很大关系。

锻件的形状误差：受锻造、环轧坯料体积的波动、操作者及设备因素的影响，辗压成形的环形锻件会产生锥度、椭圆、翘曲、塌角、端面凹心或凸起等缺陷。

产品结构尺寸对锻件余量与公差的影响因素。

锻件后续热处理对环件尺寸胀缩的影响。由于不同材质的环件在后续热处理中会产生膨胀或收缩情况，这种变化将会影响环件最终的加工成型质量，因此锻件的余量和公差设计应考虑。

在设计大型环形锻件余量与公差时，应考虑包括但不限于结构因素、材质因素、形状复杂因素、设备精度因素、热处理胀缩因素。

4.2 结构因素

结构因素主要反映热轧环形件壁厚与高度尺寸对环形件热轧制成形的难易程度。该结构因素与辗环设备能力以及金属在轧制过程中的变形特点共同作用，影响锻件的成型尺寸和质量。本规范中所定余量与公差已包含产品结构因素的影响。

4.3 材质因素

材质因素主要反映热轧环形件不同金属材料在轧制变形中的特点对环形件热轧制成形时余量与公差的影响，用M表示。材质因素分为三类：

M_0 适用于结构钢、不锈钢、耐热钢

M_1 适用于铝合金、工具钢

M_2 适用于高温合金、钛合金。

4.4 形状复杂因素

形状复杂因素 S 用来反映异形热轧环形件的轴向截面形状复杂程度对环形件余量及公差的影响。按公式 (1) 计算, 见图 4。

$$S = \frac{F_a}{F_c} \dots\dots\dots\text{公式 (1)}$$

式中:

S 形状复杂因素;

F_a 零件简化异形或用户要求的异形环轴向截面积;

F_c 异形热轧环形件轴向最小矩形包容截面积。

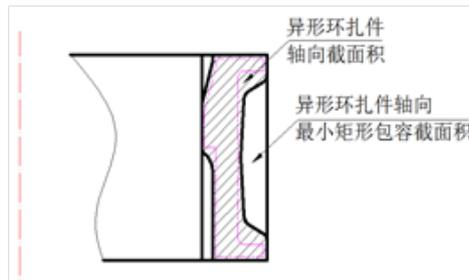


图 4 异形热轧环形件轴向截面及轴向最小矩形包容体截面

异形热轧环形件形状复杂因素 N 分为四组:

$$S_0 > 0.75; 0.75 \geq S_1 > 0.55; 0.55 \geq S_2 > 0.35; S_3 < 0.35$$

4.5 异形热轧环件设计原则

对于形状复杂因素 N1~N3 范围的环件应结合材质类型、生产批量和结构因素以及金属流线要求、经济性等因素综合考虑设计异形热轧环件。其设计原则如下 (但不限于):

根据用户提供的产品截面尺寸, 简化沟槽、孔、筋等特征, 形成简化异形截面;

再根据简化异形截面, 考虑辗环成型性、环坯的难易程度、半精加工余量以及金属流线要求, 增加相应余块设计, 形成异形环件锻件图;

异形环件设计应充分考虑经济效益原则, 即材料节约成本和综合效益应优于成型模具和制坯及工艺复杂性等带来的投入成本。

4.6 轧制设备因素

轧制设备精度因素用来反映径一轴双向联合辗压成形卧式辗环机在热轧制成形时对环形锻件余量及公差的影响, 用 E 来表示。设备因素分为两类: 普通级、精密级。本文件只适用普通级余量与公差, 精密级余量与公差在同档尺寸所确定的余量与公差上加严 1~2 个等级, 具体由供需双方确定。

4.7 热处理胀缩因素

由于不同材质的环件后续热处理会产生胀缩现象, 对环件后续的加工余量产生影响。热处理胀缩率用来反映环形锻件因热处理而产生胀缩的比率, 用 K 表示。制造方应结合产品热处理设备、淬火介质、材质、工艺等因素对查表所得余量进行修整, 如下示例:

产品热处理外径和内径为 OD、ID, 按该文件查出外径余量: a; 内径余量: b。

计算产品内外径胀缩变形量修整量:

外径修整量: OD×K; 内径修整量: ID×K。

环件休整后设计余量:

环轧外径: $a-OD \times K$; 环件内径: $b+ID \times K$ 。

其中热处理后表现为胀大的 K 取正值, 缩小的 K 取负值。

根据不同材质, 胀缩率 K 一般在 $0 \sim 0.007$, 具体取值由制造方根据实际情况选取。

4.8 形位偏差

本文件中规定的尺寸公差涵盖了形位偏差。如对形位公差有特殊要求时, 由供需双方商定, 并在合同或锻件图中注明。

5 一般规定

5.1 矩形热轧环形锻件余量与公差应符合图 1、表 1、表 2 的查表确定。

设计步骤: 根据设计矩形环外径、壁厚及高度尺寸查表 1 对应横、竖栏取得相应外径、内径、高度余量, 再根据材质因素查表 2 取得附加余量, 最后将表 1、表 2 查得余量相加即得环件设计余量及偏差。当环件后续热处理有胀缩影响因素时, 应按 4.6 条对余量进行休整。

5.2 异形热轧环形件余量与公差应符合图 2、表 1、表 3 的规定。

设计步骤: 根据异形环件设计图最大外径、最小壁厚及高度尺寸查表 1 对应横、竖栏取得相应外径、内径、高度余量, 再根据材质因素和复杂因数查表 3 取得附加余量, 最后将表 1、表 3 查得余量相加即得异形环件设计余量及偏差。当环件后续热处理有胀缩影响因素时, 应按 4.6 条对余量进行休整。

5.3 需方对热轧环形件余量及公差有特殊要求时, 由供需双方商定。

5.4 超出该文件的环锻件尺寸的余量与公差, 由供需双方确定。

5.5 因热处理胀缩因素休整热轧环形锻件余量后, 其偏差按休整前余量计算。

表 2 矩形热轧环形锻件机械加工余量与公差计算方法表

材料类别	基础余量	附加余量	公差
M ₀	表 1	/	按机械加工余量的 1/3 取值
M ₁		双边 4mm	
M ₂		双边 6mm	
注 1：机械加工余量=基础余量+附加余量			

表 3 异形热轧环形锻件机械加工余量与公差计算方法表

材料类别	形状复杂因素 N	基础余量	附加余量	公差
M ₀	N ₀	表 1	双边 4mm	按机械加工余量的 1/3 取值
	N ₁		双边 7mm	
	N ₂		双边 10mm	
	N ₃		双边 13mm	
M ₁	N ₀	表 1	双边 4mm	
	N ₁		双边 7mm	
	N ₂		双边 10mm	
	N ₃		双边 13mm	
M ₂	N ₀	表 1	双边 4mm	
	N ₁		双边 7mm	
	N ₂		双边 10mm	
	N ₃		双边 13mm	
注 1：机械加工余量=基础余量+附加余量				

附录 A (资料性) 机械加工余量与公差表的使用

A.1 查表前需要确认以下因素：

结构因素，确认环锻件的壁厚和高度；

材质因素；

形状复杂因素；

设备轧制因素；

热处理胀缩因素。

A.2 查表方法

矩形热轧环形锻件余量及公差查询表 1、表 2，异形热轧环形锻件余量及公差查询表 1、表 3。

以矩形热轧环形锻件为例说明：

首先，根据产品交付尺寸，在表 1 中找到相应的外径尺寸范围，再结合产品的壁厚和高度，在表 1 中选取相应的基础余量。然后，根据产品材料类别，在表 2 中选取相应的附加余量，最终确认产品的机械加工余量，再计算出公差。

以异形热轧环形锻件为例说明：

首先，根据产品交付尺寸，在表 1 中找到相应的外径尺寸范围，再结合产品的壁厚和高度，在表 1 中选取相应的基础余量。然后，根据产品交付尺寸及形状，计算出产品交付时的轴向截面积和轴向包容体面积，从而获得形状复杂因素。最后，根据产品材料类别，在表 3 中选取相应的附加余量，最终确认产品的机械加工余量，再计算出公差。

A.3 查表示例

a) 示例 1：矩形环形锻件交付尺寸为 $D=6050\text{mm}$ ， $d=5300\text{mm}$ ， $H=320\text{mm}$ 。材质为 16Mn。

1) 结构因素

根据矩形环锻件交付尺寸可得，产品壁厚 $t = \frac{D-d}{2} = \frac{6050-5300}{2} = 375\text{mm}$ ，高度 $H=320$ 。查表 1 得：外径、内径、高度的基础余量分别为 $a=42\text{mm}$ 、 $b=42\text{mm}$ 、 $c=42\text{mm}$ 。

2) 材质因素

根据锻件材料为 16Mn，根据 4.2 规定，材质因素为 M_0 。查表 2 得不需附加余量。因此，该锻件外径、内径、高度的机械加工余量（基础余量+附加余量）分别为 42mm，42mm，42mm。

3) 公差

根据锻件确定的机械加工余量，所得尺寸极限偏差按余量的 1/3 取值，因此，该锻件外径、内径、高度的机械加工余量与公差分别为 $42 \pm 14\text{mm}$ 、 $42 \pm 14\text{mm}$ 、 $42 \pm 14\text{mm}$ 。

b) 示例 2：环形锻件交付尺寸及形状如图 A.1 所示。材料牌号为 TA3。

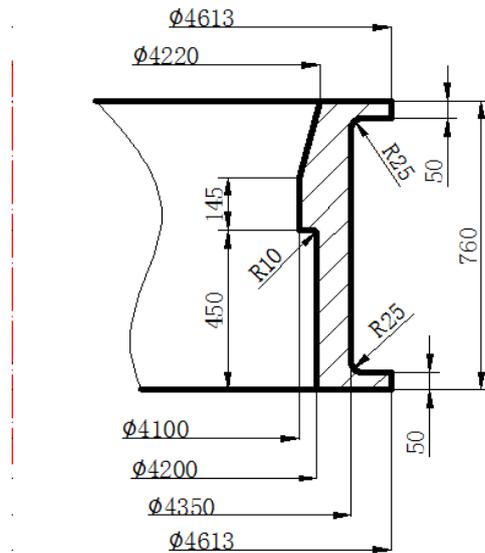


图 A.1 锻件交付图

由于在设计初期，未能直接确定环锻件的余量与公差，所以采用以下简约算法。

1) 结构因素

根据 3.7 的规定，环件壁厚 $t = \frac{D-d}{2} = \frac{4613-4220}{2} = 196.5\text{mm}$ ，高度 $H=760\text{mm}$ 。查表 1 得：外径、内径、高度的基础余量分别为 $a=30\text{mm}$ 、 $b=30\text{mm}$ 、 $c=32\text{mm}$ 。

2) 形状复杂因素

由图 A.1 的外形尺寸，算得环形锻件交付时轴向截面积为 $S_1=80985\text{mm}^2$ ，环形锻件交付时轴向包容体面积 $S_2=194940\text{mm}^2$ 。根据 4.3 公式计算出形状复杂因素 $S = \frac{F_a}{F_c} \approx 0.415$ 。得出形状复杂因素为 S_2 。

3) 材质因素

锻件材料为 TA3，属于钛合金，根据 4.2 规定，材质因素为 M_2 。结合该锻件形状复杂因素为 S_2 ，查表 3 得该环件外径、内径、高度需附加余量各双边 10mm。因此，该锻件外径、内径、高度的机械加工余量（基础余量+附加余量）分别为 40mm，40mm，42mm。

4) 公差

根据锻件确定的机械加工余量，所得尺寸极限偏差按余量的 1/3 取值，因此，该锻件外径、内径、高度的机械加工余量与公差分别为 $40 \pm 14\text{mm}$ 、 $40 \pm 14\text{mm}$ 、 $42 \pm 14\text{mm}$ 。

c) 示例 3：矩形环形锻件交付尺寸为 $D=6050\text{mm}$ ， $d=5300\text{mm}$ ， $H=320\text{mm}$ 。材质为 42CrMo。锻件需调质状态交付。

1) 结构因素

根据矩形环锻件交付尺寸可得，产品壁厚 $t = \frac{D-d}{2} = 375\text{mm}$ ，高度 $H=320$ 。查表 1 得：外径、内径、高度的基础余量分别为 $a=42\text{mm}$ 、 $b=42\text{mm}$ 、 $c=42\text{mm}$ 。

2) 结构因素

锻件材料为 42CrMo，根据 4.2 规定，材质因素为 M_0 。查表 2 得不需附加余量。因此，该锻件外径、内径、高度的机械加工余量（基础余量+附加余量）分别为 42mm，42mm，42mm。

3) 热处理胀缩因素

42CrMo 在调质过程中存在胀大的现象,根据 4.5 规定,热处理胀缩因素 K 取正值。设定 K 取 0.004,该锻件外径机械加工余量为 $Z-D \times K = 42 - 6050 \times 0.004 \approx 18\text{mm}$,该锻件内径机械加工余量为 $Z + D \times K = 42 + 6050 \times 0.004 \approx 66\text{mm}$ 。因此,该锻件外径、内径、高度的机械加工余量(基础余量+附加余量)分别为 18mm, 66mm, 42mm。

4) 公差

根据锻件确定的机械加工余量,所得尺寸极限偏差按余量的 1/3 取值。根据 5.5 规定,该锻件外径、内径、高度的机械加工余量与公差分别为 $18 \pm 14\text{mm}$ 、 $66 \pm 14\text{mm}$ 、 $42 \pm 14\text{mm}$ 。
