



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107745112 B

(45)授权公告日 2020.01.17

(21)申请号 201710951968.6

C21C 7/072(2006.01)

(22)申请日 2017.10.13

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107745112 A

CN 205437123 U, 2016.08.10,

US 4735400 A, 1988.04.05,

CN 2793095 Y, 2006.07.05,

(43)申请公布日 2018.03.02

CN 201276580 Y, 2009.07.22,

(73)专利权人 武汉科技大学

CN 201605290 U, 2010.10.13,

地址 430081 湖北省武汉市青山区和平大道947号

CN 203295550 U, 2013.11.20,

(72)发明人 贺铸 谭方关 潘丽萍 李亚伟
金胜利

刘辉敏等. 狭缝规格对透气砖热机械应力的影响.《北京工业大学学报》.2010, 第36卷(第6期),

(74)专利代理机构 武汉华旭知识产权事务所
42214

审查员 张瑞红

代理人 江钊芳 刘荣

(51)Int.Cl.

B22D 41/02(2006.01)

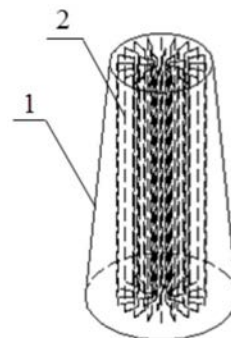
权利要求书1页 说明书6页 附图8页

(54)发明名称

狭缝式钢包透气砖

(57)摘要

本发明提供了一种狭缝式钢包透气砖,包括圆台形本体,所述本体内部设有狭缝群,所述狭缝群由以本体轴线为中心成环形阵列分布的狭缝组成,所述狭缝群的环数为2~3圈,所述狭缝群每圈的狭缝数目为6~20条,各狭缝为贯穿本体上下底面的通孔,其横切面为椭圆形或者倒角矩形。本发明提供的一种狭缝式钢包透气砖能够均匀透气砖的热应力分布、减少狭缝处的热应力集中现象,从而减少裂纹的产生和扩展甚至是断裂,增强透气砖的热机械性能,延长透气砖的使用寿命。



1. 一种狭缝式钢包透气砖, 包括圆台形本体, 其特征在于: 所述本体内部设有狭缝群, 所述狭缝群由以本体轴线为中心成环形阵列分布的狭缝组成, 所述狭缝群的环数为2~3圈, 所述狭缝群每圈的狭缝数目为6~20条, 各狭缝为贯穿本体上下底面的通孔, 其横切面为椭圆形, 所述狭缝群的狭缝以透气砖工作面的中心为圆心辐射排列分布。

2. 根据权利要求1所述的狭缝式钢包透气砖, 其特征在于: 所述狭缝的横切面为长轴和短轴比为33.3~200:1的椭圆。

3. 根据权利要求2所述的狭缝式钢包透气砖, 其特征在于: 所述狭缝横切面的短轴与本体上底的半径的比例为1~3:625。

4. 根据权利要求1所述的狭缝式钢包透气砖, 其特征在于: 所述狭缝群的相邻圈的狭缝错开排列。

狭缝式钢包透气砖

技术领域

[0001] 本发明涉及一种狭缝式钢包透气砖,属于钢包炉外精炼使用透气砖技术领域。

背景技术

[0002] 由于社会发展对钢铁质量的要求不断提高,现代钢铁企业对生产优质钢的炉外精炼技术不断深入研究发现,炉外精炼工艺对增加钢材的种类和改善钢材质量起到至关重要的作用。通过安装在钢包底部的透气砖向钢液中吹入氩气或者氮气等惰性气体,采用气泡的浮力充分的搅拌钢水均匀钢水温度,除去钢水中的夹杂物有效控制钢水中的元素成分和合金偏差,改善钢液流动从而达到炉外精炼的目的。

[0003] 由于透气砖耐火材料的热机械性能对钢铁生产周期、钢水质量有直接影响,所以为了保证炉外精炼过程的可靠性和安全性,改善透气砖的热机械性能显得尤为重要。在炉外精炼过程中,钢包内衬耐火材料直接接触钢水且受到钢水剪切流动的物理侵蚀和炉渣带来的化学侵蚀,此外还受到精炼过程和不同工艺时边界条件的变化而导致钢液温度变化过程导致的热机械应力的变化。常用的矩形狭缝以透气砖中心为圆心呈辐射状分布,有单环和双环分布,然而这种结构狭缝末端的热应力容易集中;对其进行改进的弧形狭缝透气砖,虽然考虑到直边的影响,但是忽略了末端直角切口的结构变化,仍然容易在狭缝末端产生热应力集中。

[0004] 与此同时的轴向热机械应力的周期性变化或者热机械应力在某部位的局部集中可能使材料出现裂纹,材料裂纹处的抗渣性能和抗冲刷磨损性能大大降低使材料的使用寿命大大缩短;因此为了满足透气砖在恶劣工况下的热机械性能对其进行结构上的优化减少应力集中的影响显得尤为重要。

发明内容

[0005] 为了解决现有技术的不足,本发明提供了一种狭缝式钢包透气砖,能够均匀透气砖的热应力分布、减少狭缝处的热应力集中现象,从而减少裂纹的产生和扩展甚至是断裂,增强透气砖的热机械性能,延长透气砖的使用寿命。

[0006] 本发明为解决其技术问题所采用的技术方案是:提供了一种狭缝式钢包透气砖,包括圆台形本体,所述本体内部设有狭缝群,所述狭缝群由以本体轴线为中心成环形阵列分布的狭缝组成,所述狭缝群的环数为2~3圈,所述狭缝群每圈的狭缝数目为6~20条,各狭缝为贯穿本体上下底面的通孔,其横切面为椭圆形或者倒角矩形。

[0007] 所述狭缝的横切面为长轴和短轴比为33.3~200:1的椭圆。

[0008] 所述狭缝横切面的短轴与本体上底的半径的比例为1~3:625。

[0009] 所述狭缝群的狭缝以透气砖工作面的中心为圆心辐射排列分布。

[0010] 所述狭缝群的狭缝以透气砖工作面的中心为圆心径向辐射排列分布。

[0011] 所述狭缝群的相邻圈的狭缝错开排列。

[0012] 本发明基于其技术方案所具有的有益效果在于:

[0013] (1) 本发明一种狭缝式钢包透气砖的狭缝采用椭球形,或者横切面为椭圆形或者倒角矩形的柱形,其横切面没有尖角,能有效的均匀热应力,增大热应力裂纹扩展阻力,减少狭缝扩展裂纹的产生;

[0014] (2) 本发明一种狭缝式钢包透气砖中的狭缝可采用辐射性排列分布方式,可以有效的降低透气装工作面的热应力,减少热应力的梯度,减少了透气砖的横向剥落和断裂;

[0015] (3) 本发明一种狭缝式钢包透气砖中的狭缝可以采用径向排列分布方式,方便增加狭缝数量,增大透气面积,减少钢水精炼的时间,增加钢水流场扰动,有效的去除夹杂物和减小合金偏差。

附图说明

[0016] 图1是本发明一种狭缝式钢包透气砖的结构示意图。

[0017] 图2是本发明实施例的狭缝横截面示意图。

[0018] 图3是本发明实施例的辐射式狭缝式钢包透气砖的俯视图。

[0019] 图4是本发明实施例的错开排列的狭缝式钢包透气砖的俯视图。

[0020] 图5是切口描述示意图。

[0021] 图6是 $K_{t,s}/K_{t,E}$ 随切口参数 t/r 的变化曲线。

[0022] 图7是 $K_{t,s}/K_{t,E}$ 拟合曲线。

[0023] 图8是方形孔单孔透气砖y轴方向正应力 σ_x 分布截面云图。

[0024] 图9是薄板受力示意图。

[0025] 图10是不同孔型的薄板网格示意图。

[0026] 图11是椭圆孔薄板正应力 σ_x 分布云图。

[0027] 图12是椭圆孔薄板等效应力分布云图。

[0028] 图13是方形孔薄板正应力 σ_x 分布云图。

[0029] 图14是方形孔薄板等效应力分布云图。

[0030] 图15是应力分析路径示意图。

[0031] 图16是不同孔型薄板沿路径B方向薄板正应力 σ_x 及其差值分布。

[0032] 图17是不同孔型薄板沿路径A方向薄板正应力 σ_x 其差值分布。

[0033] 图18是不同孔型薄板沿路径B方向等效应力其差值分布。

[0034] 图19是不同孔型薄板沿路径A方向等效应力其差值分布。

[0035] 图中:1-本体,2-狭缝,3-横切面。

具体实施方式

[0036] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0037] 本发明提供了一种狭缝式钢包透气砖,参照图1、图2和图3,包括圆台形本体1,所述本体1内部设有狭缝群,所述狭缝群由以本体轴线为中心成环形阵列分布的狭缝2组成,各狭缝为贯穿本体上下底面的通孔,其横切面为椭圆形或者倒角矩形。所述狭缝的横切面为长轴和短轴比为33.3~200:1的椭圆。所述狭缝横切面的短轴与本体上底的半径的比例为1~3:625。

[0038] 以图1所示的透气砖为例,其上底直径为125mm,下底为185mm,高为350mm,则所述

狭缝横切面的短轴与本体上底的半径的比例为1:625,狭缝的横切面3可以为图 2所示的长轴和短轴比为100:1的椭圆,其短轴和长轴分别为0.1mm和10mm。椭圆形狭缝能有效的均匀热应力,增大热应力裂纹扩展阻力,减少狭缝扩展裂纹的产生。

[0039] 所述狭缝群的狭缝以透气砖工作面的中心为圆心辐射排列分布。辐射性排列分布方式狭缝可以有效的降低透气装工作面的热应力,减少热应力的梯度,减少了透气砖的横向剥落和断裂。

[0040] 所述狭缝群的狭缝可以以透气砖工作面的中心为圆心径向辐射排列分布。径向排列分布方式可以方便增加狭缝数量,增大透气面积,减少钢水精炼的时间,增加钢水流场扰动,有效的去除夹杂物和合金偏差。

[0041] 所述狭缝群的圈数可以为2~3圈,所述狭缝群每圈的狭缝数目可以为6~20条。以图3所示的两圈狭缝为例,内圈狭缝和外圈狭缝以透气砖本体中心轴为对称轴呈环形阵列所构成,各圈狭缝径向排列;内圈狭缝共10条,外圈狭缝为20条,内圈狭缝两相邻狭缝之间的夹角为 36° ,外圈狭缝两相邻狭缝的夹角为 18° 。

[0042] 所述狭缝群的相邻圈的狭缝也可以如图4所示错开排列。

[0043] 钢包精炼采用单圈狭缝透气砖时,为了增加透气量往往需要加长狭缝,但是这种长狭缝在使用的过程中容易造成渗钢或者堵塞,既影响安全生产又影响吹气搅拌的效果。本发明采用多圈狭缝可以有效的减少上述现象的发生。

[0044] 内圈狭缝共10条,外圈狭缝为20条,每圈狭缝数的确定是根据钢包内钢水所需扰流的湍流动能范围和设备压力限制计算而来的临界值。

[0045] 在透气砖的使用过程中,同圈相邻狭缝之间由明显的应力集中现象,但是根据应力集中现象的规律,在同圈相邻狭缝的中间应力集中现象最小。

[0046] 综上所述,采用相邻圈错开的狭缝排列,可以透气砖增加透气量,减小应力集中现象,降低透气砖狭缝的渗钢和堵塞,延长透气砖使用寿命,增加扰动搅拌效果,减少热应力的梯度,避免透气砖的横向剥落和断裂等现象发生。

[0047] 针对不同切口研究其应力集中系数,减小透气砖的应力集中是本发明的重要理论基础,不同切口的应力集中系数不同。图5所示切口的描述参数。 D 表示透气砖中心轴到狭缝中心的距离, a 表示狭缝中心到狭缝顶点的距离,根据狭缝的切口深度 t 、狭缝的切口张角 α 、狭缝的切口尖端半径 r 可将切口种类分为表1所示。

$t = 0$		无切口光滑体
[0048]	$r \gg t$	圆弧形切口
	$\alpha = 0^\circ$	普通 U 形切口
	$r \approx t$	普通 V 形切口
	$\alpha \neq 0^\circ$	
	$\alpha = 0^\circ$	尖锐 U 形切口
	$r \ll t$	尖锐 V 形切口
	$\alpha \neq 0^\circ$	
$r \rightarrow 0$		线裂纹

[0049] 表1切口分类表

[0050] 当狭缝的切口深度 $t=0$ 时为无切口光滑体,没有应力集中问题,对于尖端半径 $r \rightarrow 0$ 的线裂纹,通常用应力场强度因子描述应力场强度,应力集中系数没有意义。下面针对椭圆形孔、倒角矩形和圆弧倒角切口的应力集中系数大小进行分析。

[0051] 为了方便表达应力集中系数公式,定义以下狭缝切口参数:

[0052]
$$z = \frac{t}{r}$$

[0053]
$$\omega = \frac{r}{t}$$

[0054] 图6是以均匀无限板中椭圆孔的应力集中系数 $K_{t,E}$ 为基础,寻找各类狭缝切口应力集中系数与椭圆孔应力集中系数的关系,根据实验数据得到的 $K_{t,s}/K_{t,E}$ 随切口参数 t/r 的变化曲线,利用最小二乘法拟合半无限板上V形切口或圆弧形切口的应力集中系数后其拟合公式为:

[0055]
$$K_{t,s} = (1 - 0.1268z^{\frac{1}{2}} + 0.2908z - 0.1432z^{\frac{3}{2}} + 0.0628z^2)K_{t,E} (t < r)$$

[0056]
$$K_{t,s} = (1.1476 - 0.1621\omega^{\frac{1}{2}} + 0.0345\omega - 0.0693\omega^{\frac{3}{2}} + 0.0612\omega^2)K_{t,E} (t > r)$$

[0057] 为了比较不同狭缝切口的应力集中系数的大小,对函数进行拟合,结果如图7所示,由图可知,当 $t > r$ 时,属于圆弧或椭圆切口;当 $t < r$ 时,属于矩形或深V切口。在椭圆狭缝透气砖中,由于 $t/r \gg 0.4$ 时,椭圆切口的应力集中系数明显比圆弧切口小;当 $t/r \approx 0.08$ 时,圆弧切口应力集中系数最小;但是当 $t > r$ 即属于矩形或深V切口(直角矩形切口)时,其应力集中系数明显比椭圆或圆弧切口的应力集中系数要大。

[0058] 在现实生活中,由于实际使用的需求,必须对一些材料进行开孔处理时,开孔边缘处的强度必然会低于原材料的强度,在开口处必然引起很大的应力,这种局部应力突然增大的现象,就叫做应力集中。

[0059] 在炉外精炼过程中,透气砖的的损毁往往是造成冶炼成本增加的关键因素之一。精炼过程中来自钢水的热冲击而造成的热应力是透气砖损毁的主要原因。为了进一步证

明 椭圆切口比其他形状切口更能减少应力集中现象,针对不同孔型进行了单孔透气砖应力的数值分析,结论如下:

[0060] 透气砖几何模型直径R为600mm,高为400mm,矩形孔100mm*10mm,杨氏模量为 $2 \times 10^9 \text{Pa}$,泊松比为0.3。假设圆柱面受压10000Pa时,其y轴方向截面的正应力 σ_x 分布如图8所示,由该图可以看出透气砖在开口处的应力场和其他位置的应力明显不同,而且就整个应力场而言,最大应力和最小应力都分布在开口处。

[0061] 为了能更好的分析不同孔型的应力分布情况,量化容易造成损毁的因素,应力集中系数成为了一个较好的选择。

[0062] 应力集中系数是指应力集中处最大应力值 $\sigma_{\max}$ 与基准应力 σ_n 的比值,即:

[0063] $K_{t,E} = \sigma_{\max} / \sigma_n$

[0064] 它在一定程度上反映了某处的应力增高程度。基准应力的取值不同,得到的应力集中系数也不同,这里取远离孔处截面上的应力作为基准应力。

[0065] 由于在透气砖的应力场中不能较好的取基准应力,故不能更好的反馈不同孔型的应力集中现象。于是通过微分思想,将在除吹氩阶段外的其他精炼过程的应力梯度方向无限微分,无限微分后得到的薄板温度均匀,只受到膨胀时两侧的挤压力作用。而若干个不同温度的无限平板模型叠加可形成一个具有温度梯度的钢包透气砖模型。此文中只对单一温度的薄板应力场进行模拟。

[0066] 利用有限元软件ANSYS对不同孔径形状的薄板进行了模拟,得出不同孔型下薄板的应力分布。参照图9,假设薄板两端均受到载荷10000Pa,薄板尺寸为50*30*0.2mm,椭圆孔的尺寸a*b为5*2.5mm,方形孔的对角线长为10*5mm。边界条件:平板两面各均匀施加压力q为10000Pa。模拟材料的物性参数为:杨氏模量为 $2 \times 10^9 \text{Pa}$,泊松比为0.3。网格采用四面体网格自动划分并对孔周围加密,得到的网格离散化结果如图10所示,其中图10(1)为椭圆孔型,图10(2)为菱形孔型。

[0067] 由图11和图12可以看出,椭圆孔薄板的应力最值在椭圆孔长短轴的边缘,沿轴方向逐渐变化。参照图13和图14,与椭圆孔的应力场分布类似,方形孔薄板的应力最值在孔的尖角处,沿轴方向逐渐变化。

[0068] 为了能更好的反映整个应力的变化,假设应力分析路径如图15所示。由图16可以看出,沿孔的x轴正方向的正应力 σ_x 逐渐减小至 q_0 ,离孔越近其压应力越大;在相同x处,方形孔薄板拉应力明显比椭圆孔的拉应力大,在孔的边缘其压应力迅速变为拉应力;且离孔越近其斜率越大,这说明其应力集中系数越大。由图17可以看出,沿孔的y轴正方向的压应力逐渐减小,离孔越近其压应力越大,而且方形孔在近孔处其应力变化较大,说明此处应力集中系数大于椭圆孔应力集中系数;在相同y处,方形孔的薄板压应力要大于椭圆孔的薄板的压应力;在孔边缘时,方形孔的压应力达到最大值50297Pa,椭圆孔的压应力为23121Pa。由图18所示,沿x轴方向,椭圆孔薄板等效应力小于方形孔薄板,在趋近于薄板边缘处等效应力相等;在距离原点0.006m处,不同孔形薄板都存在应力突变。由图19所示,沿y轴方向,椭圆孔薄板等效应力小于方形孔薄板,在趋近于薄板边缘处等效应力相等;在近孔处,方形孔薄板应力变化大于椭圆孔。

[0069] 应力集中系数:

[0070] $\sigma_n = \sigma_c = -10000 \text{Pa}$

[0071] 通过上述数值模拟实验以及公式 $K_{t,E} = \sigma_{\max} / \sigma_n$ 可知,椭圆孔的X方向正应力集中系数如下表所示:

	孔型	正应力集中系数	等效应力集中系数
[0072]	椭圆	2.31	2.30
	方形	5.03	4.66

[0073] 表2不同孔型的应力集中系数

[0074] 由上述实验数据可以得出以下结论:

[0075] (1) 当材料在处于相同载荷条件下,与方形孔相比,椭圆孔的应力集中系数较小;

[0076] (2) 当材料存在孔时,其孔附近的应力场梯度较大,相同位置时,椭圆孔的应力 比方形孔的应力小;

[0077] (3) 椭圆孔材料的最大应力一般处于椭圆孔长短轴边缘;方形孔材料的最大应力处于尖角处。

[0078] 因此,本发明提供的一种狭缝式钢包透气砖,能够均匀透气砖的热应力分布、减少狭缝处的热应力集中现象,从而减少裂纹的产生和扩展甚至是断裂,增强透气砖的热机械性能,延长透气砖的使用寿命。

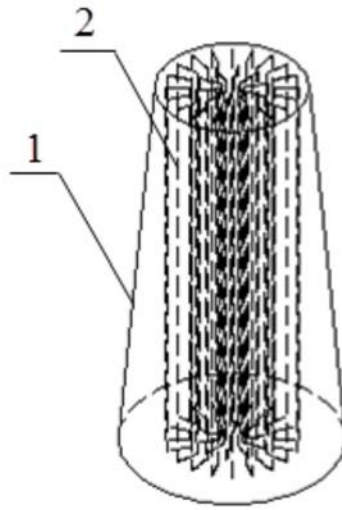


图1



图2

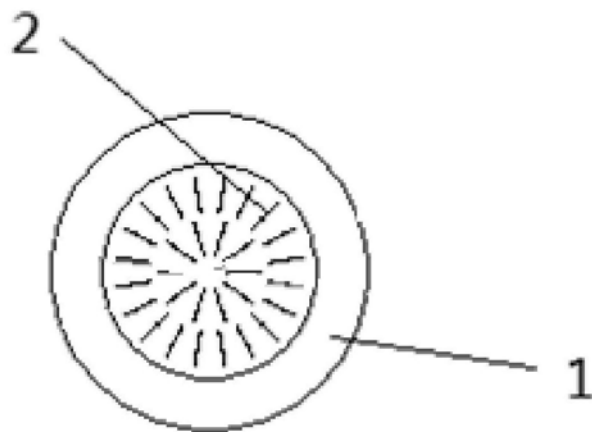


图3

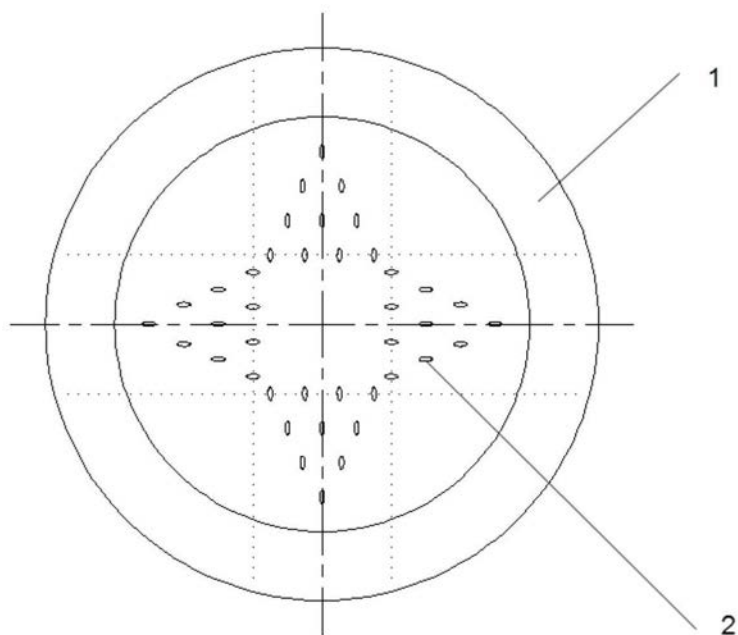


图4

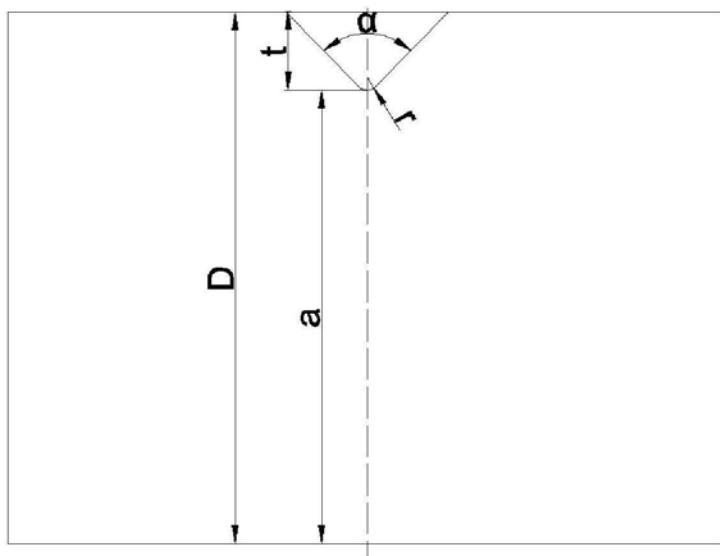


图5

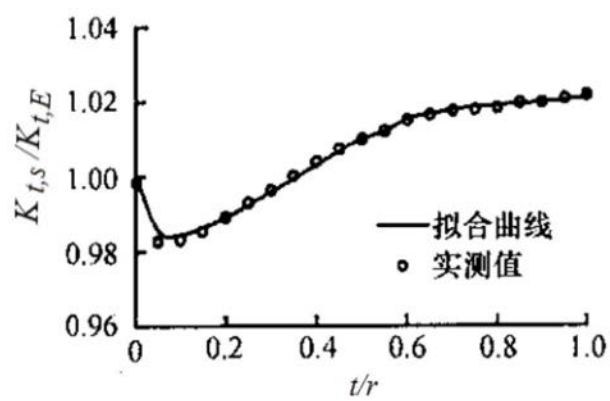


图6

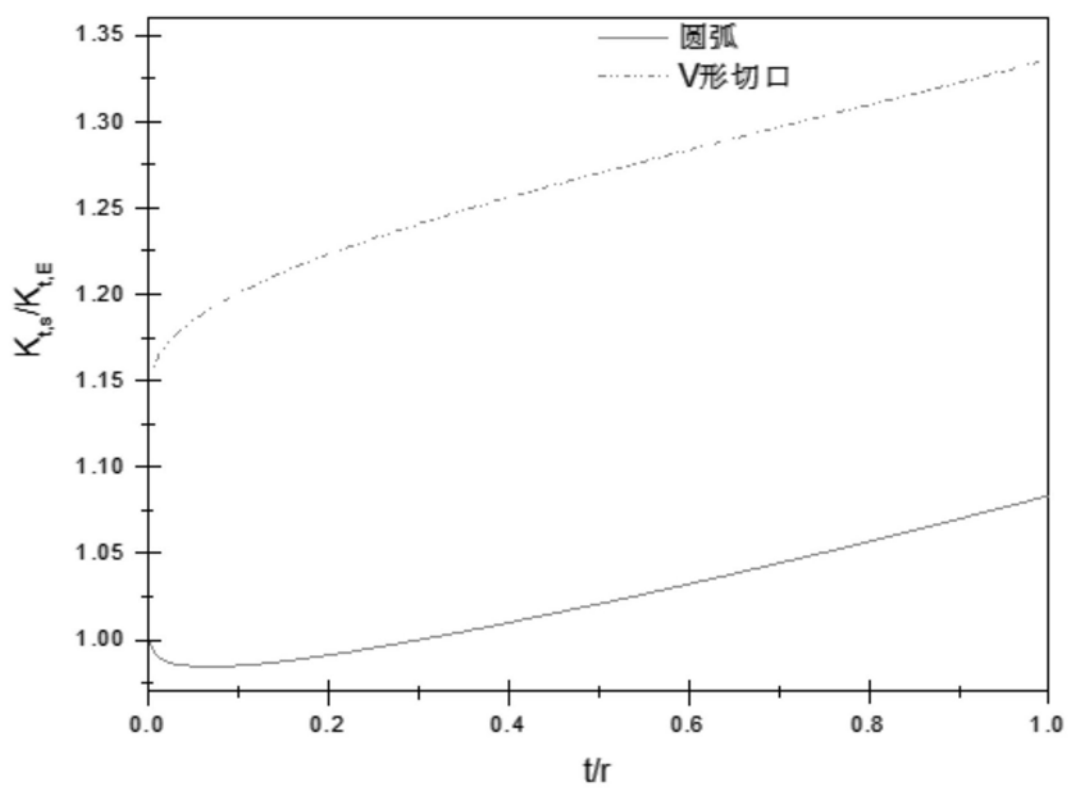


图7

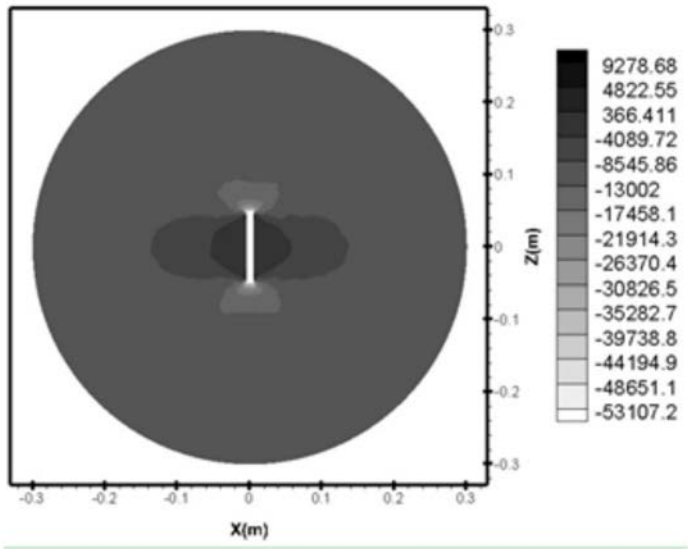


图8

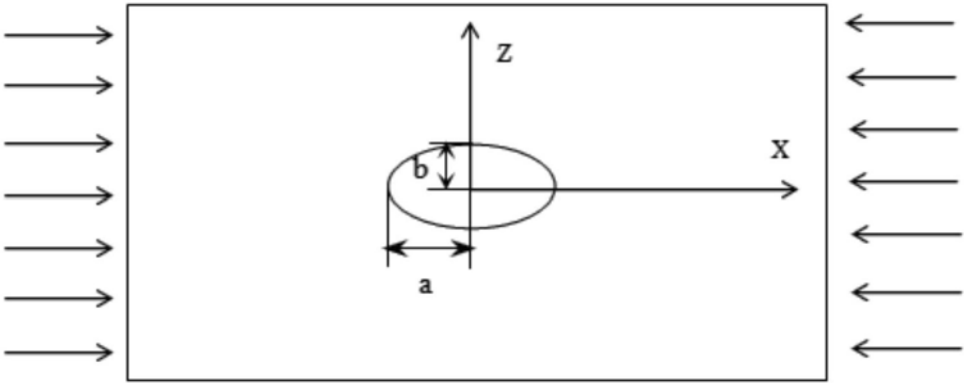


图9

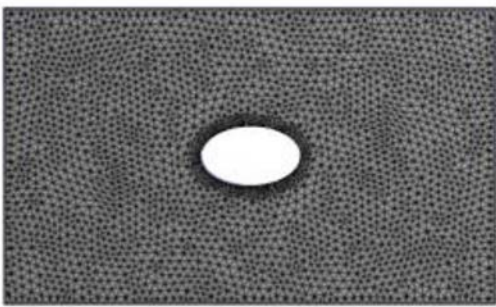


图10 (1)

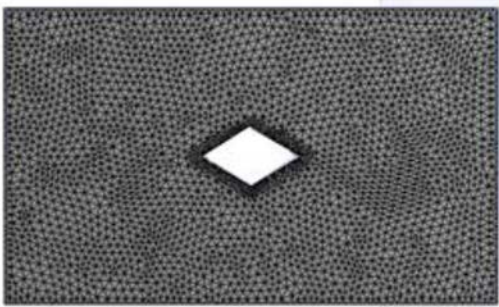


图10 (2)

图10

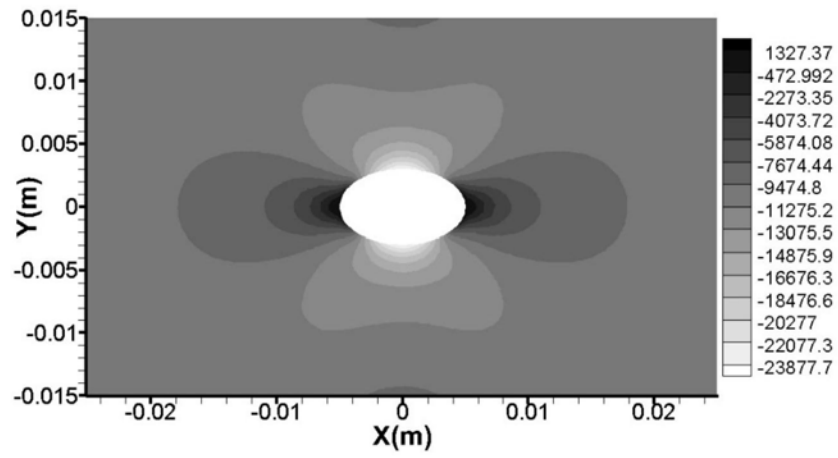


图11

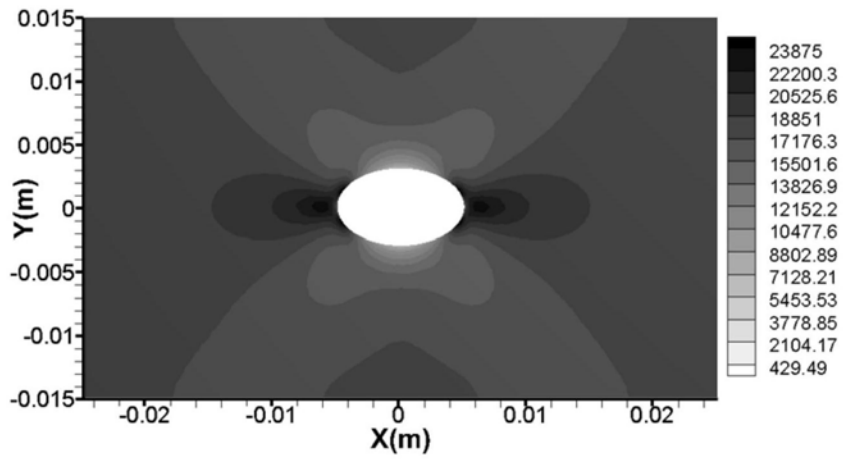


图12

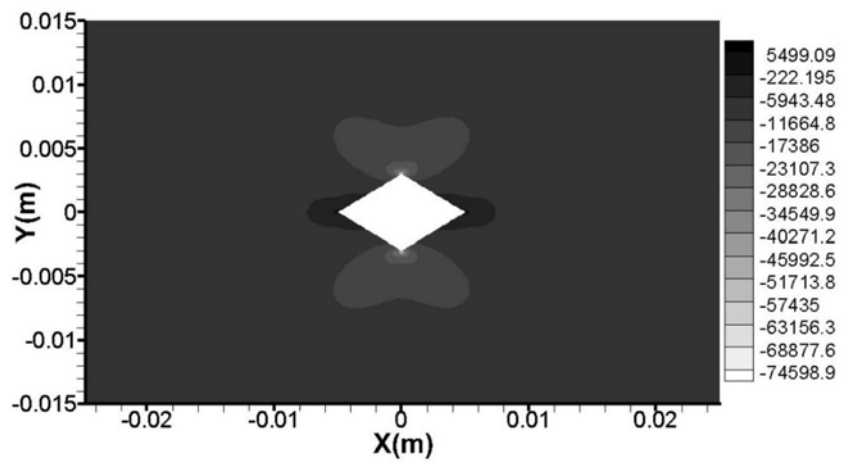


图13

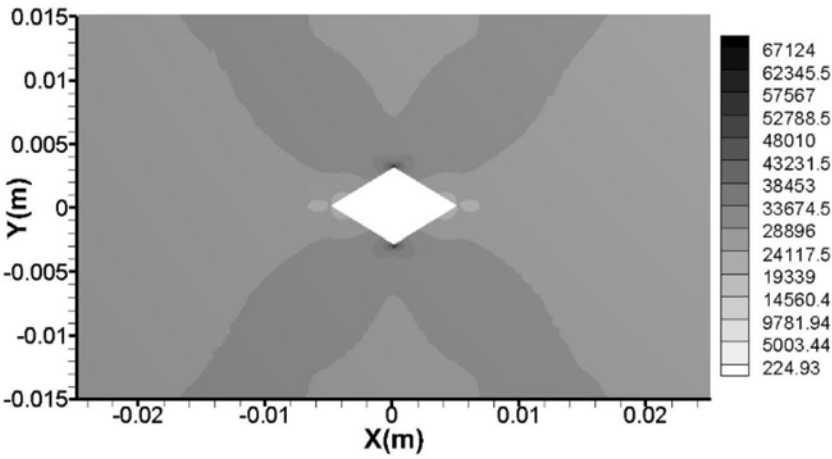


图14

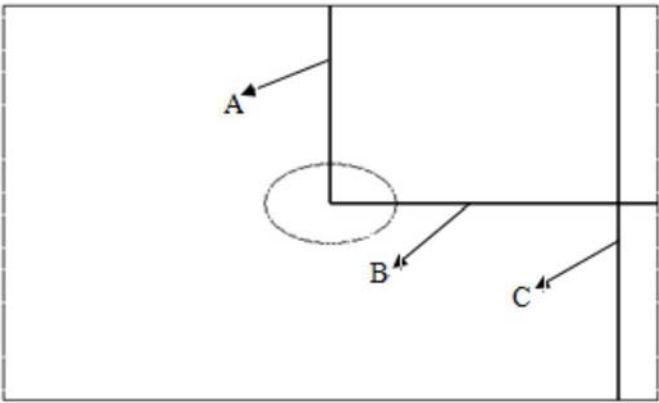


图15

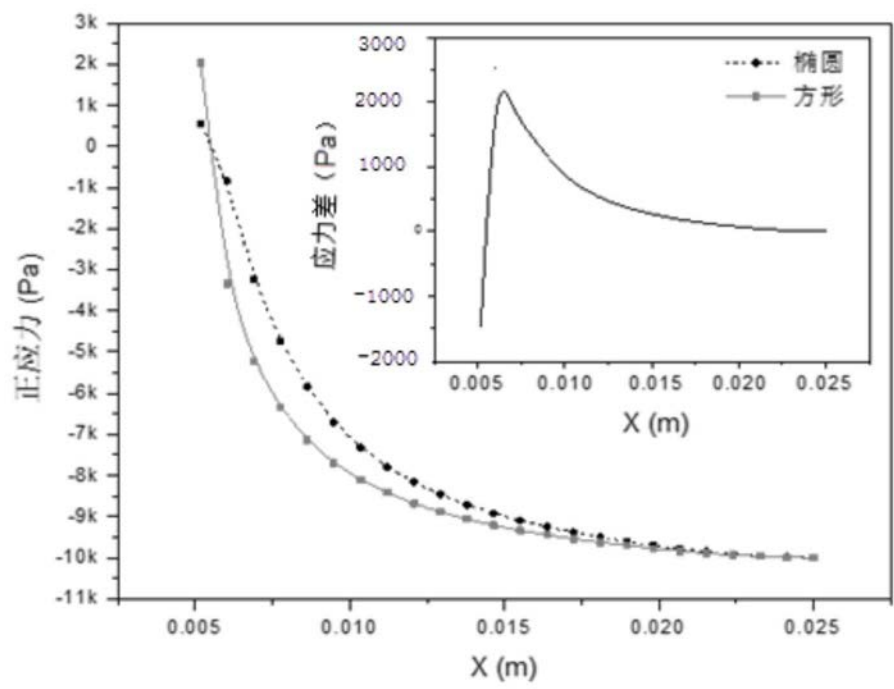


图16

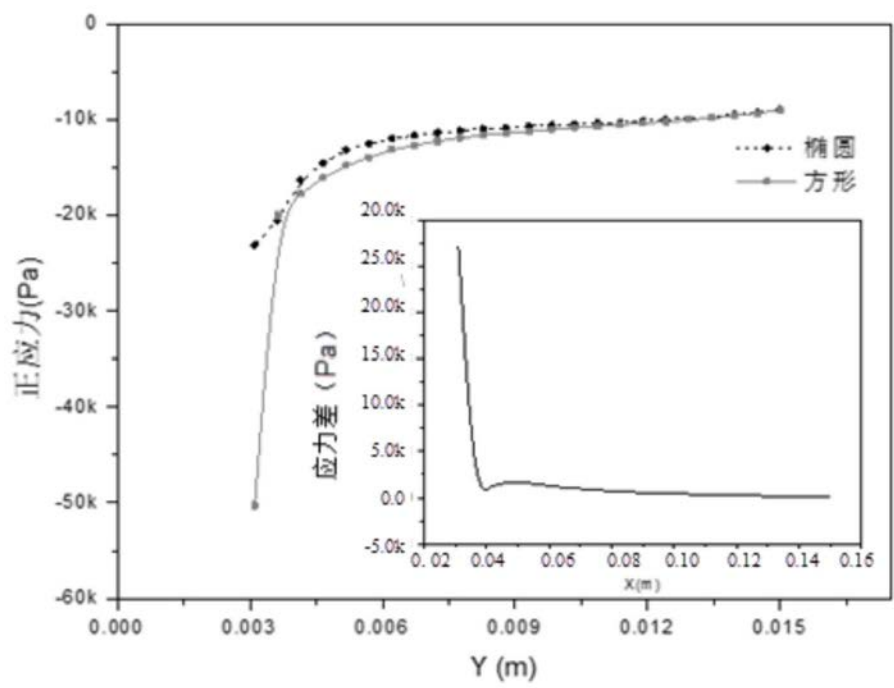


图17

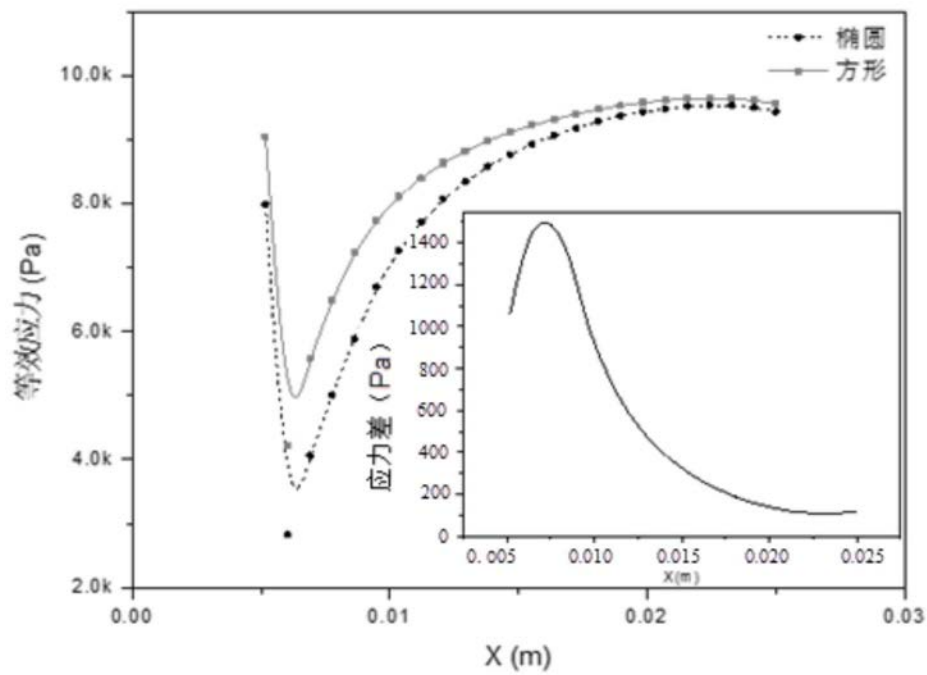


图18

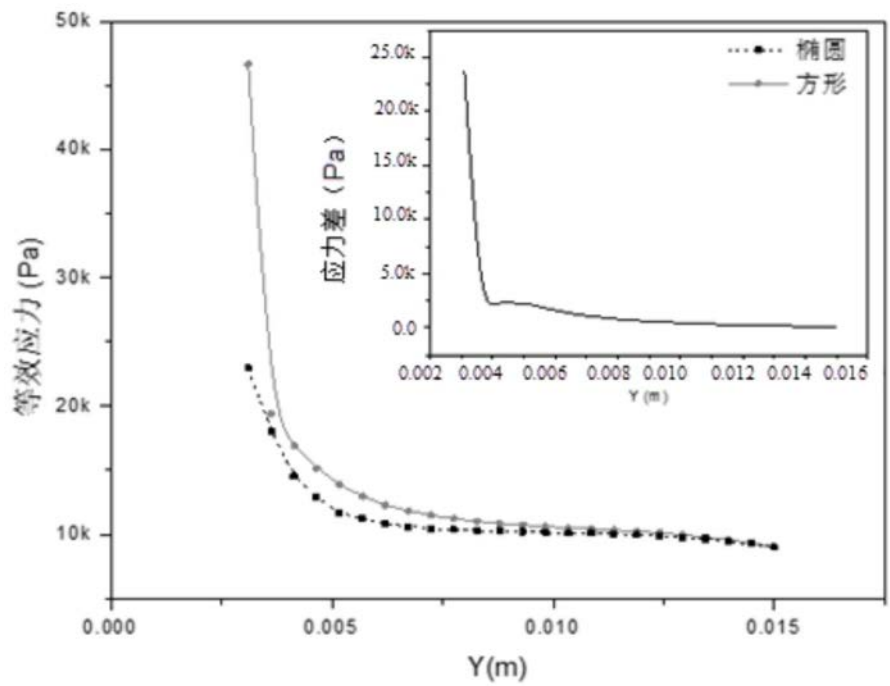


图19