

文章编号:1673-9981(2008)01-0031-03

铝铸轧铸嘴空型腔的流场分析*

周英

(中南大学机电工程学院,湖南长沙 410083)

摘要:利用有限元计算软件建立铝合金连续铸轧的前箱及未放置分流块的铸嘴空型腔的流场模型,对试验数据进行分析,得到有限元计算的空腔流场出口流速的绝对误差及相对误差分布.对空型腔的分析可为铸嘴型腔流场的优化设计提供数据.

关键词:铸轧;空型腔;流场;有限元

中图分类号: TG331

文献标识码: A

常规布流形式的型腔不能满足快速超薄铸轧的要求.为了提高成品率,在工业试验前,先采用计算机辅助分析,模拟出铸嘴型腔内铝熔体的流动和温度分布的状况,再结合以往的工况,对不同方案下的出口结果进行分析,得出最合理的流场及温度场的设计方案,应用于现场^[1-5].

铸嘴型腔的优化设计主要解决的问题是铸嘴型腔的容纳形态以及分流块的设计.没有安放分流块的铸嘴型腔的容纳形态,简称空型腔,主要包括型腔进、出口的开口度(厚度)及宽度(沿板宽方向度量).本文仅讨论空型腔的出口流场状态.

1 建立有限元模型

根据现场模型的前箱及铸嘴型腔的几何尺寸,按照1:1的比例建立了空腔模型.空型腔铸嘴与前箱结合的流场形态示意图如图1所示,空型腔铸嘴如图2所示,主要尺寸列于表1.

流场的边界条件及物性参数的选取参见文献[6].本文只分析流场的计算结果,未探讨温度场.

网格划分采用六面体映射网格^[7].

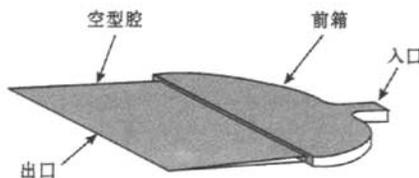


图1 空型腔与前箱流场形态的示意图

Fig. 1 Schematic of nozzle and front-box

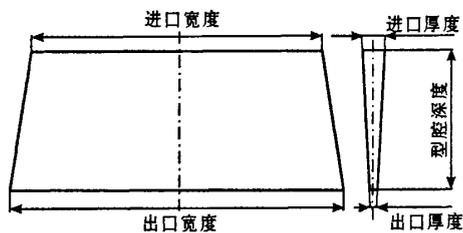


图2 空腔铸嘴形状的示意图

Fig. 2 View of nozzle without spacer

表1 空型腔铸嘴的主要尺寸

Table 1 Main size of nozzle without spacer

出口宽度/mm	进口厚度/mm	出口厚度/mm	出板速度/(m·min ⁻¹)	进口宽度/mm	型腔深度/mm
860	13	3	1	780	370

收稿日期:2007-05-08

* 基金项目:国家“973”计划项目(G1999064906)

作者简介:周英(1972-),女,贵州凯里人,讲师,博士研究生.

2 数据分析方法

数据分析主要集中在两个平面和一条直线上,即中间平面($z=0$)、出口平面($y=0$)和出口中线($y=0, z=0$)。由于流速在 y 轴上的分量 v_y 比在 x 和 z 轴上的分量 v_x 及 v_z 高两个数量级,因此选取 v_y 为研究对象。

2.1 中间及出口平面

中间平面是铸嘴型腔的水平对称面所在的平面。由于出口流速的最大值在该平面上,所以在进行数据分析时优先选取该平面上的节点。中间平面上 v_y 的分布等值线如图 3 所示。

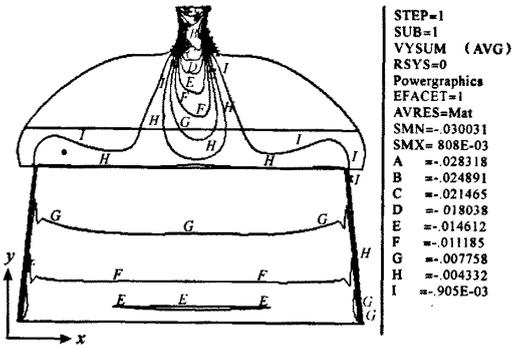


图 3 中间平面上流速 v_y 的分布等值线图

Fig. 3 Isosurface of contour display of v_y on $z=0$

出口平面由出口中线以及与中线平行的沿 z 方向分布的节点构成,出口平面上 v_y 的分布如图 4 所示。

由图 3 和图 4 可以看出,空腔的 v_y 等值线图均呈正中凸出的分布形态,这种分布形态对布流不利。在实际应用中,可添加适当的分流块来改善中凸的状况。

2.2 出口中线

中间平面最下沿所对应的就是出口中线,出口中线上的节点沿板宽方向上的 v_y 最大(超过相对应的出口上、下节点上的 v_y)。快速铸轧的模拟分析结果见图 5。图 5(a)为出口中线上的 v_y 值,图 5(b)为出口中线上 v_y 的相对误差,图 5(c)是把出口平面上 x 轴坐标相同的节点上的 v_y 值沿着 z 轴方向叠加得到的 Σv_y 值,图 5(d)是 Σv_y 的相对误差。 Σv_y 在物理意义上等效于流量。由于出口平面上的节点

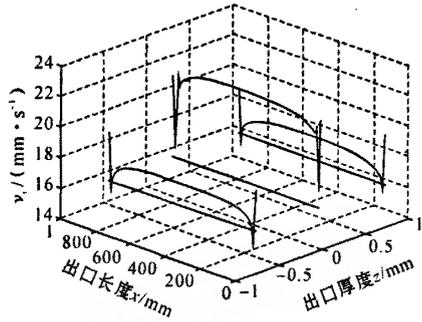


图 4 出口平面上的 v_y 分布示意图

Fig. 4 3-D display of v_y on outlet surface

是等距离分布的,该面上的各个单元面积相同,所以每个单元上的流速与流量等效。

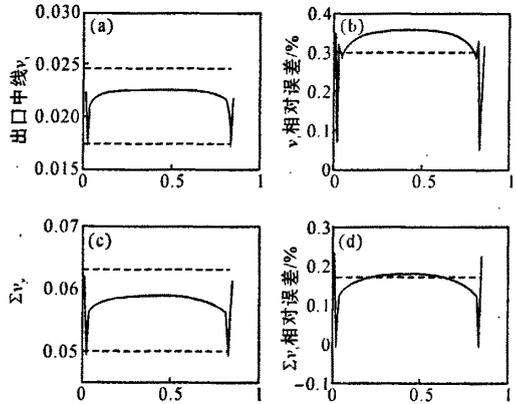


图 5 出口中线上 v_y 及 Σv_y 的分布示意图

Fig. 5 3-D display of v_y & Σv_y on outlet surface

由图 5 可以看出,无论是 v_y 还是 Σv_y ,都有铸嘴出口流速中凸的趋势,选用合适的铸嘴尺寸可以改善出口中凸的程度,但如果要彻底解决中凸形态,则需要添加适当的分流块。沿板宽方向两端的奇异点是铸嘴型腔有限元流场中一直存在的,通常都排除掉两侧各约 7% 的范围,只取中部 86% 范围作为研究对象,该范围的选取也与实际工况符合^[6]。

3 结论

通过对铝铸轧铸嘴空型腔模型的分析,获得了中间平面、出口中线以及出口平面上的节点流速的绝对误差及相对误差分布,证明了空型腔的出口流

速有中凸的趋势。

参考文献:

- [1] 康志成. 铝连续铸轧铸嘴流场实验研究及理论建模[D]. 长沙:中南大学机电工程学院, 2001:25.
- [2] KANG C G, KIM Y D. Model experiments for the determination of the heat-transfer coefficient and transition thermal analysis in the direct rolling process[J]. *Journal of Materials Processing Technology*, 1998, 84:210-224.
- [3] LAMBERTI G, TITOMANLIO G, BRUCATO V. Measurement and modelling of the film casting process 1. Width distribution along draw direction[J]. *Chemical Engineering Science*, 2001, 56(20):5749-5761.
- [4] SAXENA A, SAHAI Y. Modeling of fluid flow and heat transfer in twin-roll casting of aluminum alloys[J]. *Materials Transactions*, 2002, 43(2):206-213.
- [5] HAGA T. A high speed twin roll caster for aluminum alloy strip[J]. *Journal of Materials Processing Technology*, 2001, 113:291-295.
- [6] 周英, 黄明辉, 钟掘. 铝铸轧流场有限元模拟计算方案合理性的探讨[J]. *中国有色金属学报*, 2005, 15(7):1100-1106.
- [7] 周英, 黄明辉, 钟掘. 网格划分对铸嘴型腔流场有限元分析的影响[J]. *中南大学学报:自然科学版*, 2004, 35(1):75-79.

Analysis of fluid fields of empty nozzle cavity of aluminum roll-casting

ZHOU Ying

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: To explore finite element analysis of the fluid fields of the front-box and the nozzle without shaped spacer of aluminum roll-casting, the computation is performed by using FEM simulation of the FLOTTRAN module of the general finite element analysis software, ANSYS. Postprocessing by Ansys and stricter analysis of results by software MATLAB is reviewed. The absolute and fractional errors of velocity of liquid metal of aluminum at nozzle's outlet calculated by FEA are described. The work is to prepare for optimizing the design of fluid fields of nozzle.

Key words: roll cast; nozzle without space; fluid field; finite element analysis