

工艺参数对单晶连铸线材表面质量的影响^①

范新会 魏朋义 李建国 傅恒志

(西北工业大学凝固技术国家重点实验室, 西安 710072)

摘 要 单晶连铸技术是一项新型的 Near-net-shape 生产技术, 它可以连续铸造无限长镜面金属单晶线材。作者利用自制的小型单晶连铸设备, 以工业纯铝为原料在实验室内进行了工艺试验, 分析和探讨了各主要工艺参数对连铸线材表面质量的影响。结果表明连铸线材的表面质量取决于固液界面的位置, 后者受铸型温度、冷却能力、连铸速度等各主要工艺参数的影响。只有当这些工艺参数正确地协调匹配时, 才能获得光如镜面的表面质量。

关键词 连续铸造 表面质量 工艺参数

单晶连铸技术是一项将定向凝固技术与连续铸造方法相结合的新型金属型材制造技术^[1]。单晶连铸产品的特点之一是其铸锭表面光亮, 呈镜面状态, 表面粗糙度可达 $0.2 \sim 2.9 \mu\text{m}$, R_{max} 是普通铸锭的 $1/10^{[2, 3]}$, 因此属于一种近成形(Near-net-shape)生产技术。

单晶连铸铸锭光亮的表面质量是由其原理所决定的^[4]。该技术采用加热铸型和一个与之分离的冷却器代替传统连铸中的水冷结晶器, 铸锭在离开铸型时, 其表面层仍呈液体状态, 即在铸锭与铸型之间始终存在一层金属液膜, 这层膜在离开铸型一小段距离之后才自由凝固, 因此可保证光亮的表面质量, 且凝固后的铸锭表面不再与铸型和冷却器产生摩擦, 可保持高的表面质量。

虽然获得高的表面质量从原理上讲是可行的, 但在实际制造过程中, 各种工艺参数的变化, 会引起传热条件的改变, 从而影响固液界面的位置。固液界面的位置与铸型表面质量有直接关系, 界面位置不合适, 可能导致铸锭表面凹凸不平(严重时发生漏液事故)或表面擦伤(严重时发生卡死现象)。因此, 在实际生产过程中严格的控制和协调各种工艺参数是获得高的表面质量的关键。

作者利用自制的实验室小型水平单晶连铸设备, 以工业纯铝为原料进行了原理性工艺试验, 考查了各种工艺参数对表面质量的影响, 从而提出获得高表面质量的控制原则。

1 试验方法

本研究所用自制的实验室小型单晶连铸设备的结构、技术原理已在文献[4]中介绍。

工艺试验以工业纯铝为原材料, 通过改变加热铸型温度、连铸抽拉速度及铸型与冷却器之间的距离、冷却水量等主要工艺参数, 考察铸锭表面质量的变化, 从而得到合理的工艺参数配合原则。

2 试验结果

2.1 铸型温度—连铸速度的配合对表面质量的影响

试验中在一系列固定的铸型温度及冷却条件下, 改变抽拉速度, 观察铸锭表面质量, 其结果如图1所示。

从图1中可以看出, 铸型温度与连铸速度的适当配合, 可在一个较宽的范围内获得表面

① 收稿日期: 1996-06-05; 修回日期: 1996-07-22 范新会, 男, 32岁, 博士

呈镜面状光亮的单晶铸棒,如图 2(a)所示。铸型温度愈高,相应的连铸速度应较低。在一定的铸型温度条件下,连铸速度低于下限时,由于相对冷却强度过大,固液界面向铸型内推移,铸型表面对铸锭表面产生较大的摩擦,使铸锭表面擦伤(图 2(b)),严重时发生卡死现象(或拉断)。当连铸速度超过上限时,由于相对冷却强度减弱,固液界面离开铸型过远,即在已凝固的铸锭与铸型之间靠表面张力维持的液柱较长,由于重力作用发生下垂弯曲,形成凹凸不平的表面(图 2(c)),速度再高则过长的液柱不能维持,发生漏液事故。

冷却强度,维持界面位置。其参数配合关系如图 4 所示。

2.4 铸型—冷却器间距对表面质量的影响

铸型—冷却器间距的变化,对冷却器的相对冷却能力影响很大,从而严重地影响表面质量。试验发现,当铸型—冷却器间距由 30 mm 减少到 25 mm 时,在同样的铸型温度下,连铸速度可提高 20~ 30 mm/min。

3 分析讨论

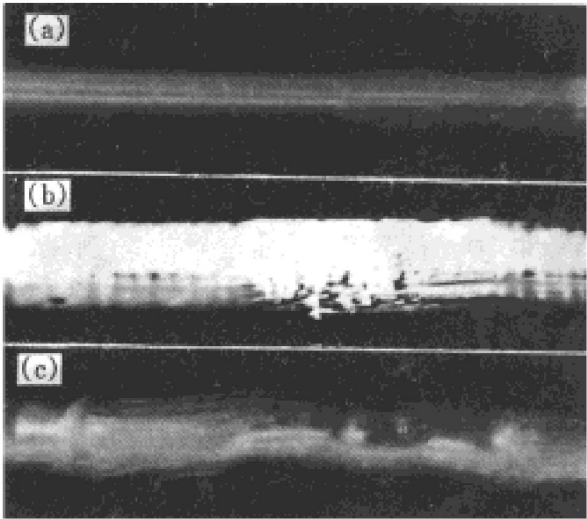


图 2 连铸铸锭表面质量

(a) —光滑表面; (b) —擦伤; (c) —凹凸不平

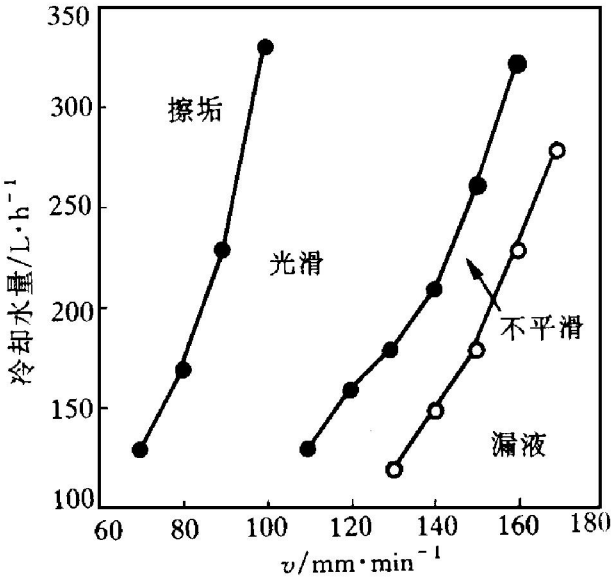


图 3 连铸速度—冷却水量配合对表面质量的影响

(铸型与冷却器间距= 30 mm; 铸型温度= 700 ℃)

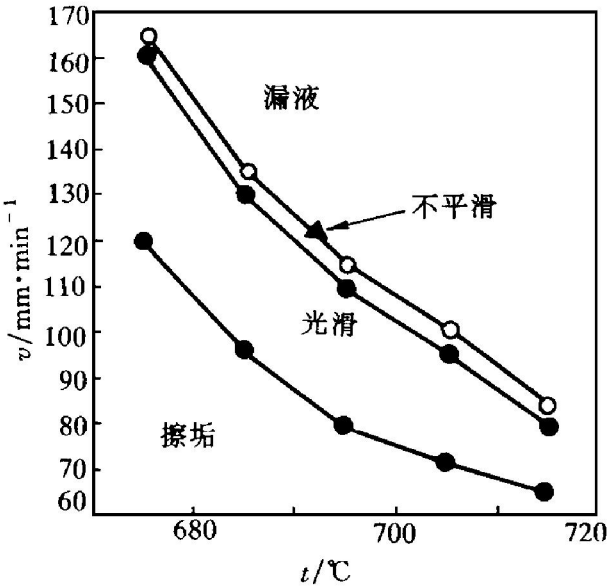


图 1 铸型温度—连铸速度配合对表面质量的影响

(铸型与冷却器间距= 30 mm; 冷却水量= 250 L/h)

2.2 连铸速度—冷却水量的配合对表面质量的影响。

在一定的铸型温度、不同的连铸速度下,以改变冷却水量,考察表面质量,其结果如图 3 所示。

从图 3 可以看出,连铸速度愈高,要求冷却水量愈大,即冷却强度愈强,以维持固液界面的位置,保证获得光滑的铸锭表面。

2.3 铸型温度—冷却水量对表面质量的影响

在一定的连铸速度条件下,改变铸型温度,相应地冷却水量要做适当的调节,以改变

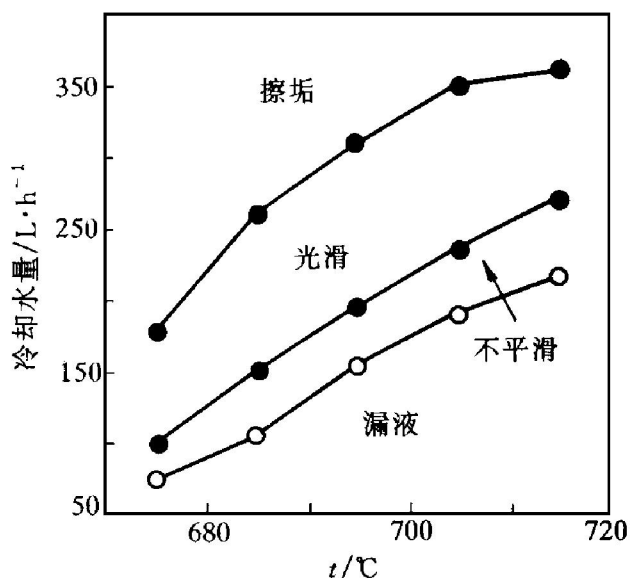


图4 铸型温度—冷却水量配合
对表面质量的影响

(铸型与冷却器距离=30 mm; 铸造速度=130 mm/min)

固液界面位置对表面质量的影响见图5; 工艺参数对表面质量的影响见图6。

3.1 固液界面位置对表面质量的影响

固液界面的位置对铸锭表面质量的影响模式如图5所示。单晶连铸技术的原理要求固液界面呈准半球形向液体中凸出。这种形状不仅有利于单晶组织的演化,而且铸锭中心已凝固的部分对表面液膜起支承作用,有利于铸锭的成形。在图5(a)中,铸锭中心已凝固到铸型

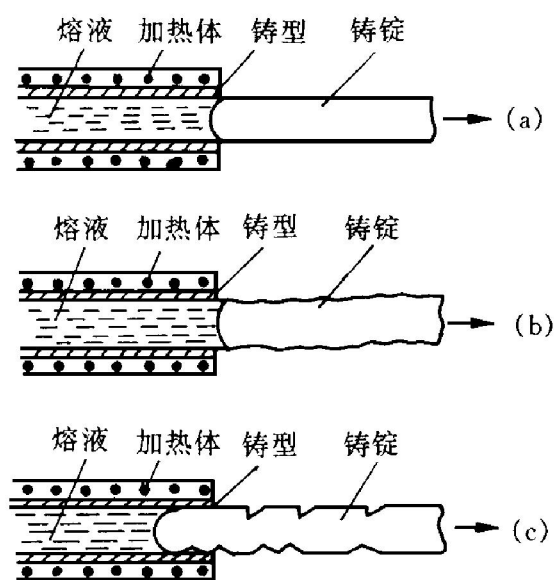


图5 固液界面位置对铸锭表面质量影响的模式图

内,而其表面层在离开铸型出口一小段距离后方才凝固,这样可以保证铸型内的液体金属不会在重力和静压力作用下发生泄漏;同时表面液膜可避免铸锭与铸型的摩擦,从而获得光滑的铸锭表面。而在图5(b)中,固液界面离开铸型太远,即中心未凝入铸型,拉出铸型的这段液柱只能靠表面张力维持,强度低,易发生弯曲,易形成凹凸不平的铸锭表面。严重时,表面张力支承不住,即会发生金属液漏出的事故。而在图5(c)中,固液界面已深入铸型中,这种情况下由于铸型表面的形核作用,无法得到单晶铸锭;同时由于铸型与铸锭间的摩擦,使铸锭表面擦伤甚至拉断。试验中发现,固液界面与铸型出口保持2~3 mm的间距时,铝的表面张力足以维持铸锭表面液膜的形状,保证铸锭良好成形。

固液界面的位置直接受铸型温度、连铸速度及冷却能力(冷却水量及铸型—冷却器间距)等工艺参数的影响。从试验结果分析可知,铸型温度、连铸速度的提高及冷却能力的降低均使固液界面向远离铸型方向移动,从而使产生漏液事故的可能性增大。反之则固液界面向铸型内移动,发生铸锭表面擦伤及拉断的可能性增大。

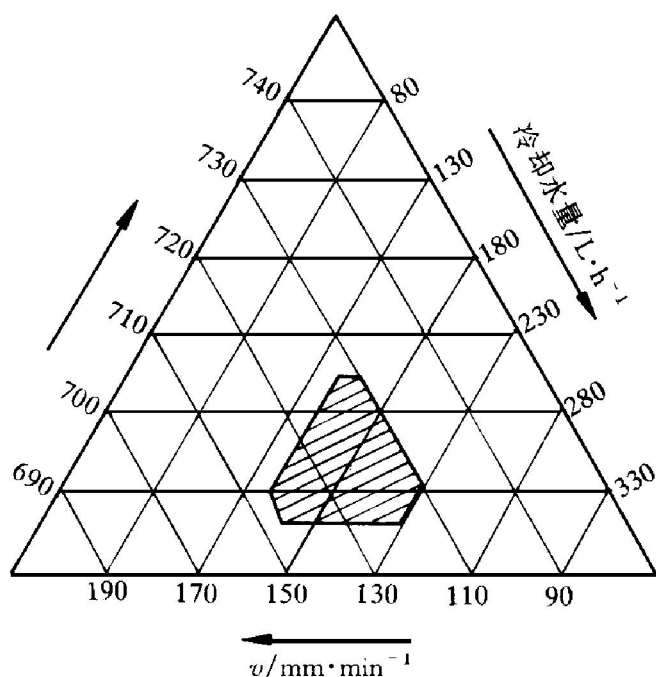


图6 工艺参数对表面质量的综合影响

3.2 工艺参数对表面质量影响的综合分析

由试验结果分析可知, 要获得光滑的表面质量, 各主要工艺参数之间应互相协调配合。综合分析表明, 当铸型温度、连铸速度及冷却水量的配合处于图6中阴影区内时, 可以获得光滑的表面质量。

4 结论

(1) 单晶连铸线材的表面质量与固液界面的位置有直接关系, 固液界面的位置受主要工

艺参数的影响。

(2) 各主要工艺参数应相互协调配合, 才能获得光滑的铸锭表面质量。

参考文献

- 1 范新会, 李建国, 傅恒志. 材料导报, 1996, (3): 1-6.
- 2 本保元次郎, 大野笃美. 轻金属, 1989, 39(1): 38-44.
- 3 本保元次郎, 大野笃美. 日本金属学会志, 1990, 54(3): 321-327.
- 4 范新会, 魏朋义, 李建国等. 中国有色金属学报, 1996, 6(4): 106.

EFFECTS OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON SURFACE QUALITY OF SINGLE CRYSTAL Al WIRE MADE BY CONTINUOUS CASTING

Fan Xinhui, Wei Pengyi, Li Jianguo, Fu Hengzhi
National Key Laboratory of Solidification Processing
Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072

ABSTRACT The technique of continuous casting of single crystal metals (CCSC) is a new near-net-shape producing process, it can continuously produce long single crystal metal wire with very smooth surface like a mirror. A small horizontal CCSC equipment in laboratory has been successfully designed and manufactured. Using this equipment, the technology test of CCSC of industrial pure Al has been completed and a single crystal Al rod with 8mm in diameter and 8~10mm in length has been manufactured. The effects of main technology parameters on the surface quality of the CCSC wire were discussed. The results indicated that the surface quality of the CCSC wire is determined by the position of the liquid-solid interface which is effected by the main technology parameters such as mold temperature, cooling capacity and casting speed. Only when these parameters are coordinated, the smooth surface can be obtained.

Key words continuous casting surface quality technology parameter

(编辑 黄劲松)