

文章编号: 1004-0609(2003)06-1350-07

铝材铸轧过程中成型界面传热行为的仿真^①

高 志¹, 肖 刚²

(1. 华东理工大学 机械工程学院, 上海 200237; 2. 中南大学 机电工程学院, 长沙 410083)

摘 要: 在铝材铸轧过程中, 材料凝固和冷却所释放的热量都要通过成型界面传导给辊套, 并最终由辊套内部的冷却水带走。在分析铸轧过程中传热特点的基础上, 建立了传热过程的基本方程与数学模型, 并针对 3 种典型的铸轧工况进行了界面传热行为的仿真研究。结果表明: 随着铸轧过程的进行, 成型界面的温度差值和热流密度均显著减小, 因此, 热量传递主要在铸轧区的前半段进行; 随着铸轧速度的提高, 铸轧区内辊套表面的最高温度不断下降, 导致成型界面上的温度差值不断增大, 界面热流密度增大并趋于均匀, 从而提高了界面的传热能力。

关键词: 铝; 铸轧; 界面; 传热; 仿真

中图分类号: TG 332

文献标识码: A

材料铸轧成型技术是一种近净和近终成型新技术^[1], 它利用材料在从液态-半固态-固态的转变过程中所表现出的优异流动性和低的变形抗力, 来实现材料的加工成型, 因此, 铸轧技术属于高效短流程技术^[2]。在铝材铸轧成型过程中, 高温铝液在快速通过仅几十毫米的成型区时, 要完成材料铸造和轧制的凝固-冷却-成型过程, 因此, 成型界面上的高梯度温度是界面传热的显著特点。成型界面的高梯度温度具有两方面的意义^[3]: 一是辊套和铝材接触界面之间的高梯度温度, 以维持成型界面上的高热流密度, 满足成型过程对系统传热能力的要求; 二是成型界面上铝材本身的高梯度温度, 以满足生产工艺对铝材凝固冷却速度及出口温度的要求, 保证产品质量和生产效率。本文作者研究 3 种典型工况条件下, 高梯度温度成型界面的传热特点和传热机理。

1 铝材铸轧过程的传热特点与成型界面传热机理

铝材铸轧成型过程如图 1 所示, 熔融的铝液通过铸咀进入两旋转铸轧辊之间的楔形区内, 在长度约 70 mm 的铸轧区中, 金属熔体经过铸造和轧制直接生产出不同厚度的带坯^[4]。在铸轧过程中, 铝材的凝固和冷却释放出大量的潜热和显热, 这些热量主要是通过它与铸轧辊之间成型界面的接触传热

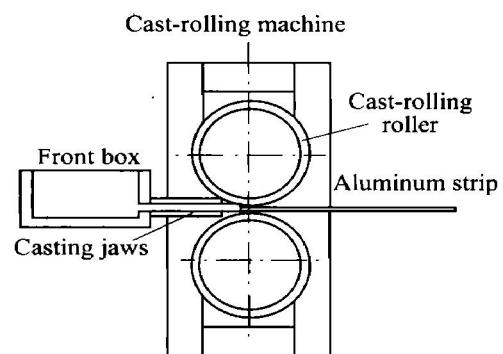


图 1 铝材铸轧成型过程示意图

Fig. 1 Schematic diagram of aluminum cast-rolling shaping

传递到辊套上, 然后由辊套内部的循环冷却水不断地冷却辊套和带走热量, 以保证铸轧过程的连续进行^[5]。因此, 与轧制工艺比较, 铸轧成型工艺有 3 个显著的特点^[6]: 1) 金属熔体的铸造和轧制一次完成, 存在着金属的液-固相变和强冷过程, 在材料成型过程中将释放出大量的热量; 2) 铸轧辊与普通轧辊的作用机理不同, 它要起水冷结晶器和轧制薄带坯的双重作用; 3) 铸轧过程是在高温降强外场下完成的。因此, 大温变梯度和强冷却速度是铸轧成型过程中最显著的特点, 成型界面的传热问题是系统传热中最重要和最关键的问题。

铝材铸轧的界面热交换过程如图 2 所示。在铸轧区入口位置, 熔融的金属与冷辊套外表面接触, 辊套受热温度开始上升, 铝液开始冷却凝固; 经过

① 基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目(G1999064906)

作者简介: 高 志(1963-), 男, 副教授, 博士。

通讯联系人: 高 志, 博士; 电话: 021-64253231; E-mail: gaozhi211@sina.com

收稿日期: 2002-12-16; 修订日期: 2003-02-08

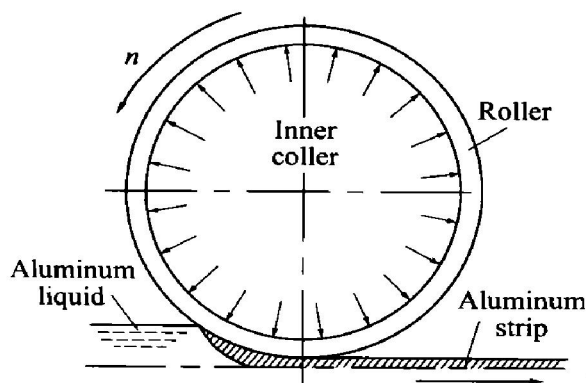


图 2 铸轧成型热交换过程

Fig. 2 Interface heat exchange process of cast-rolling shaping

铸造区和轧制区, 铝带坯在出口位置脱离辊套; 在铸轧区外, 靠近铸轧区的辊套外表面由于与高温铝液或铝带坯相距很近, 辊套继续受到铝带坯的辐射加热, 其余位置辊套外表面被自然对流的空气冷却; 辊套内表面始终受内部循环水的冷却。

铝带超薄快速铸轧是现代铸轧技术的发展方向, 其发展目标和主要技术特征是^[7]: 1) 带坯厚度从传统的 7~8 mm 减薄至 2 mm; 2) 铸轧速度由常规的 1 m/min 提高到 10~12 m/min, 生产效率提高 3 倍以上; 3) 可铸轧铝合金范围大大拓宽; 4) 熔体凝固速度提高 10 倍左右, 使材料的质量和各项性能指标得到较大的提高和改善, 并拓宽了铸轧材料的应用范围。在超薄快速铸轧过程中, 由于材料成型速度和生产效率的提高, 要求成型界面具有更高的温变梯度和更大的热流密度, 因此, 成型界面的强化传热是超薄快速铸轧能否实现的关键。

2 铝材铸轧传热过程的基本方程与边界条件

2.1 传热过程的基本方程

铝材铸轧的热交换过程以带坯的中心平面为对称面, 因此, 只需对其上半部分的传热过程进行研究。如图 2 所示, 为了得到系统传热的微分方程^[8], 首先应确定合适的坐标系, 以使定解问题简化。根据研究对象, 对于铸轧辊套, 采用极坐标系, 并将坐标系静止置于辊套所占据的空间内, 不随辊套一起运动; 将极坐标原点固定在轧辊中心, 并让 r 轴向与铸轧辊径向一致, φ 为轧辊转角方向。对于铝带坯, 采用直角坐标系, 其坐标原点置于铸轧区入口的对称面上, x 轴沿轧制方向, y 轴沿厚度方向。由于采用静止坐标系, 因此对于控制微元体

而言, 除导热传入的热流量和内热源的发热量以外, 还存在由于辊套(沿 φ 方向)和铝带坯(沿 x, y 方向)的宏观运动所产生的质量流经控制单元界面携带进的热量^[9]。

对辊套而言, 无内热源, 无相变, 其二维非稳态导热偏微分方程为

$$\frac{\partial T_g}{\partial t} = a \left[\frac{\partial^2 T_g}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_g}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T_g}{\partial \varphi^2} \right] + \omega \frac{\partial T_g}{\partial \varphi} \quad (1)$$

对铝带坯而言, 在凝固过程中有相变发生, 将释放出大量的结晶潜热, 在此将结晶潜热作内热源处理^[3], 可得其二维非稳态导热偏微分方程为

$$\frac{\partial T_b}{\partial t} = a \left[\frac{\partial^2 T_b}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T_b}{\partial y^2} \right] + \left[u \frac{\partial T_b}{\partial x} + v \frac{\partial T_b}{\partial y} \right] + a \frac{q_v}{\lambda} \quad (2)$$

式中 T_g —辊套温度; T_b —带坯温度; t —时间; ω —辊套旋转速度; u, v —控制微元体沿 x, y 方向的速度分量; a —轧辊材料的热扩散率, $\frac{\partial T}{\partial t}$ 为温度的局部变化率, 在稳态下其值为零; $\omega \frac{\partial T_g}{\partial \varphi}$ 和 $u \frac{\partial T_b}{\partial x} + v \frac{\partial T_b}{\partial y}$ 分别表示辊套和带坯的质量流迁移引起的温度变化。导热偏微分方程反映了铸轧过程中的传热特点, 即除了有微观粒子热运动引起的导热外, 还伴有物体位移引起的能量传递, 是这两种基本热量传递方式的组合。

2.2 边界条件的确定^[10]

1) 铸轧界面为第三类边界条件, 即,

$$q = h_j (T_b - T_g) \quad (3)$$

式中 q —热流密度, h_j —辊与带坯接触界面换热系数。

2) 非铸轧区范围内, 辊套、带坯与空气接触处分别按对流换热与辐射传热进行计算。

3) 铸轧辊冷却水槽与冷却水之间的热交换采用紊流对流传热模型

$$q = h_\omega (T_g - T_w) \quad (4)$$

式中 T_w 为冷却水入口温度; h_ω 为冷却水槽与冷却水间的热交换系数, h_ω 可按下式计算^[7]:

$$\frac{h_\omega \cdot D}{K_\omega} = 0.023 \cdot \left[\frac{D \cdot V_\omega}{\eta} \right]^{0.8} \left[\frac{c_\omega \cdot \eta}{K_\omega} \right]^{0.4} \quad (5)$$

式中 D 为冷却水槽的当量直径; K_ω 为冷却水的导热系数; η 为水的粘度; V_ω 为水的流量; c_ω 为水

的比热容。

4) 在 $Z = 0$ 剖面处, 可视为绝热, 即 $Z = 0$ 处 $\frac{\partial T}{\partial Z} = 0$ 。

3 铸轧成型界面的传热行为

3.1 常规成型工况下铸轧成型界面的传热行为

铝材铸轧的主要工艺参数为: 辊套外径 1 000 mm, 辊套厚度 50 mm, 铸轧区长度约 70 mm, 铝带坯在铸轧区的出口温度为 400 °C。在常规铸轧工况下, 目前采用 37Cr3NiMoV 作为辊套材料, 所生产的铝带坯厚度 8 mm 左右, 铸轧速度约 1 m/min。以此作为成型参数, 对铸轧系统的温度场进行仿真分析^[11, 12]。为了研究成型界面上的温度变化规律, 将铸轧区内接触界面上辊套和铝带坯表面温度的变化规律和接触界面的温度差值示于图 3。

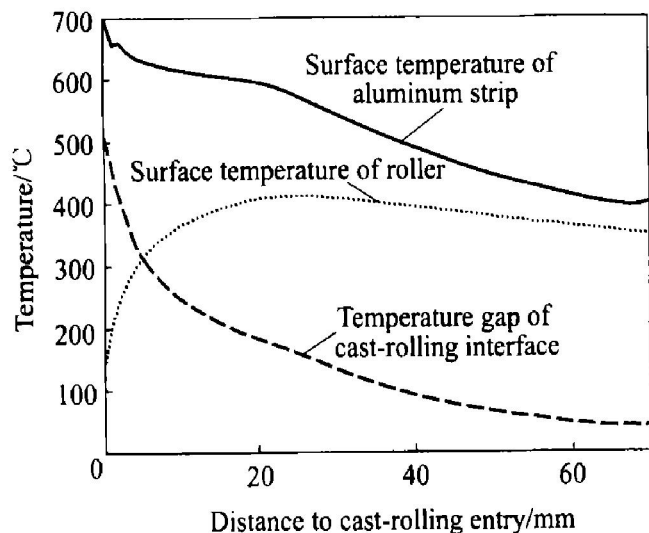


图 3 常规成型条件下成型界面的温度变化

Fig. 3 Temperature change of shaped interface under conventional cast-rolling condition

在 70 mm 长的成型界面上, 铝带坯和辊套的表面温度在 4.2 s 的铸轧时间内产生了大幅度的变化。在铸轧初始阶段, 由于低温辊套表面与高温铝液接触, 界面接触点温度差值最大, 为 530 °C, 对应界面热流密度大, 达到 6 500 kW, 使铝带坯得以快速凝固。随着铸轧成型过程的继续, 辊面温度上升, 铝带坯温度下降, 到铸轧结束时, 出口位置的界面温度差下降到约 50 °C; 由于成型界面温度差的减小, 使得成型过程中热流密度沿铸轧界面显著下降, 到铸轧区出口位置时为 675 kW, 只及入口位置的 1/10。因此, 热量的传递主要在铸轧区的前段

进行, 尽管铝液凝固过程中所释放的热量占铸轧过程中总放热量的 60%, 而铸造区长度只占铸轧区长度 1/3。

图 4 所示为常规成型条件下成型界面上不同位置辊套和铝带坯表面温变梯度的变化情况。在铸轧区入口位置, 由于低温辊套与高温铝液相接触, 辊套表面温度快速上升而铝带坯表面温度快速下降, 使得入口位置辊套具有最大的正温变梯度 750 °C/s, 铝带坯具有最大的负温变梯度 -580 °C/s。随着成型过程的继续, 辊套表面的温变梯度显著下降并逐渐达到零点, 这时辊套的表面温度上升到最高值, 此后温变梯度为负值, 意味着辊套的表面温度开始下降。在成型区内, 辊套表面温升段的平均温变梯度为 176 °C/s, 温降段的平均温变梯度为 -28.4 °C/s。铝带坯的温变梯度在进入铸轧区后持续减小, 在铸造区内维持一段较小的温变梯度值, 这是由于凝固潜热释放所导致的, 其最小值为 -24 °C/s。在铸造区结束的凝固终了位置, 铝带坯表面的温变梯度达到中间峰值 -100.5 °C/s。此后, 其温变梯度不断减小, 表明铝带坯表面温度下降减缓。在成型区出口位置, 其温变梯度越过零点而成为正值, 这是由于铝带坯的中心面温度高于表面温度而导致表面温度的回升。在常规成型条件下, 铝带坯在成型区内的平均温变梯度为 68 °C/s。

3.2 采用 37Cr3NiMoV 辊套的快速成型条件下铸轧成型界面的传热行为

采用 37Cr3NiMoV 辊套铸轧 2 mm 铝带坯, 当

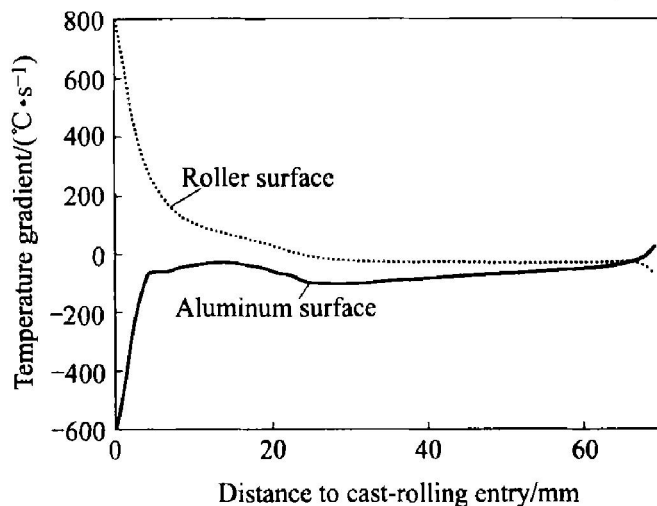


图 4 常规成型条件下成型界面上温变梯度的变化

Fig. 4 Temperature gradient change of shaped interface under conventional cast-rolling condition

保持铝带坯出口温度为 400 °C 时, 成型速度可达 7.2 m/min。图 5 列出了在这种快速铸轧条件下, 铸轧界面的铝带坯温度、辊套温度及成型界面的温度差值。可见, 界面温度差在成型区入口位置约为 550 °C, 在出口位置下降到约 80 °C。

图 5 和图 6 与常规成型条件下的图 3 和图 4 的比较表明: 铸轧 2 mm 铝带坯时, 辊套表面最高温度比铸轧 8 mm 铝带坯时降低 84 °C, 最高温度点位置后移 12 mm; 在快速铸轧条件下, 铸轧区内铝带坯的表面温度相差不大, 而辊套的表面温度显著降低, 导致铸轧界面温度差值增大, 从而使得铸轧界面上的热流密度增加。

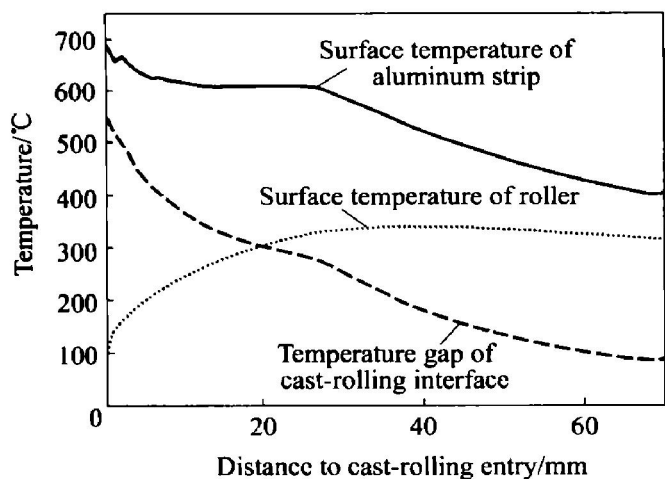


图 5 37Cr3NiMoV 辊套快速成型条件下成型界面温度变化

Fig. 5 Temperature change of shaped interface under rapid cast-rolling condition with 37Cr3NiMoV roller

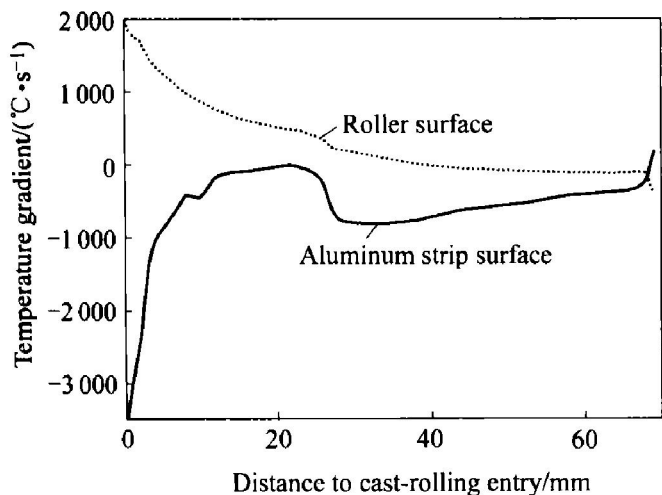


图 6 37Cr3NiMoV 辊套快速成型条件下成型界面上的温变梯度

Fig. 6 Temperature gradient change of shaped interface under rapid cast-rolling condition with 37Cr3NiMoV roller

两种工况下成型界面热流密度的对比表明: 在铸轧区的入口位置, 其热流密度的数值是基本一致的; 但在快速铸轧条件下, 进入铸轧区内的热流密度下降减缓, 使得成型界面上的热流密度相对增大, 在铸轧区出口位置, 其热流密度为 1 380 kW, 是常规成型条件下的 2 倍。

在采用 37Cr3NiMoV 辊套快速成型条件下, 成型界面温变梯度的变化规律如图 6 所示。由于成型速度的提高, 成型界面上的温度梯度显著增大。

在快速成型条件下, 成型区内辊套表面温升段的平均温变梯度为 663 °C/s, 是常规成型条件下的 3.8 倍; 温降段的平均温变梯度为 -90 °C/s, 是常规成型条件下的 3.2 倍。

对铝带坯而言, 铸造区内凝固潜热释放所造成的温变梯度下降更为显著, 其最小值仅为 -10 °C/s, 铝带坯表面的温变梯度的中间峰值为 -810 °C/s, 是常规成型条件下的 8 倍。其平均温变梯度为 -500 °C/s, 是常规成型条件的 7.2 倍。这与铸轧速度的提高幅度是一致的。

综上所述, 铸轧 2 mm 铝带坯时, 生产效率是铸轧 8 mm 铝带坯的 1.8 倍, 因此, 系统的冷却能力也相应提高了 1.8 倍。为了解释造成这一现象的原因, 将 2 种工况下成型区外辊套外表面温度场示于图 7。比较表明: 在快速铸轧条件下, 辊套外表面最低温度比常规铸轧升高 70 °C。可见, 尽管在铸轧区内, 快速铸轧条件下辊套的表面温度显著降低, 但在占辊套表面积 98% 的铸轧区外, 辊套的表面温度普遍升高, 从而导致辊套外表面的温度有较

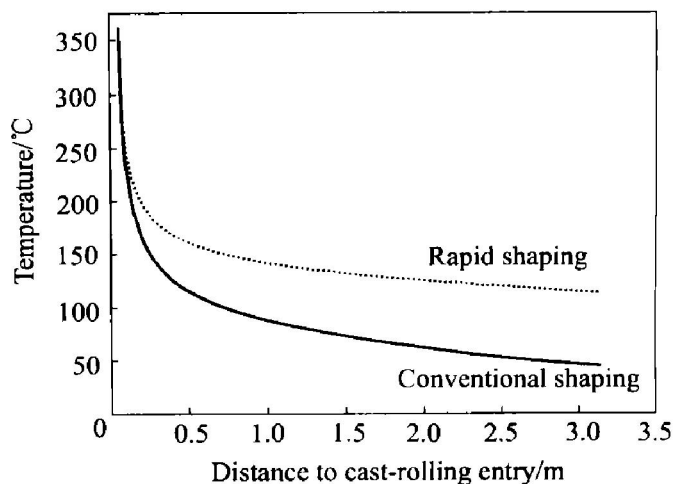


图 7 常规和快速成型条件下铸轧区外辊套表面温度场的对比

Fig. 7 Comparison of outside surface temperature under conventional and rapid cast-rolling condition

大幅度的增加。

在快速铸轧条件下, 辊套内表面的温度相应升高, 其最高温度为 36.8°C , 比常规铸轧升高 9.8°C , 最低温度为 33.7°C , 比常规铸轧升高 10.7°C 。由此可见: 在快速铸轧条件下, 辊套的整体温度比常规铸轧高, 这意味着有更多的热量通过铸轧成型界面传递给辊套; 而辊套内表面温度的上升, 标志着冷却水能够带走更多的热量。这是快速铸轧条件下, 系统冷却能力增加的主要原因。

3.3 GCT 辊套快速成型条件下高温变梯度成型界面的传热特点

开发高导热系数的新型辊套材料是现代铸轧技术的前沿研究领域之一。经过深入研究, 成功地开发了新型铍青铜 GCT 辊套材料, 其综合性能完全能满足铸轧工艺的要求, 而导热性能大幅度提高, 达到 $120\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, 与现有 $37\text{Cr}3\text{NiMoV}$ 辊套材料比较, 导热性能提高 2.3 倍。

在 GCT 辊套快速成型条件下, 成型界面温变场的变化规律及界面温度差值示于图 8, 界面温度梯度的变化规律示于图 9。由图 8 可见: 由于铸轧速度的增大和辊套材料优良的导热性能, 辊套表面始终保持较低的温度, 从而增大了铸轧界面的温度差值, 使系统表现出强的冷却能力。成型界面上的热流密度进一步增大, 并且热流密度的变化幅度相对减小, 使得在整个成型界面上都保持着高的热流密度; 在铸轧区入口位置界面热流密度基本不变的前提下, 在铸轧区出口位置, 其热流密度为 $3\ 100$

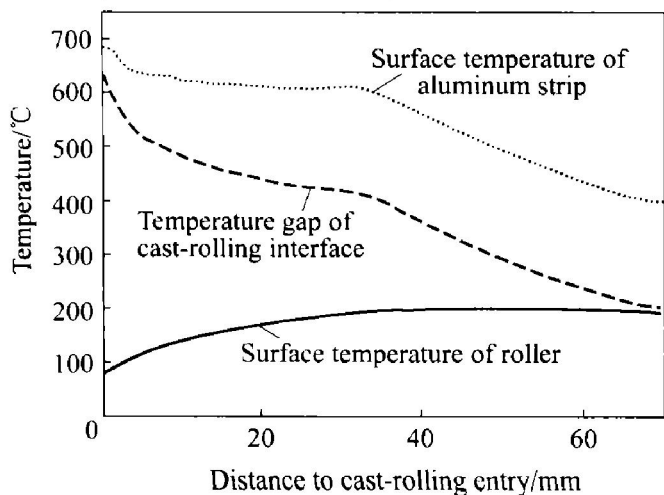


图 8 GCT 辊套快速成型条件下成型界面温度变化

Fig. 8 Temperature change of shaped interface under rapid cast-rolling condition with GCT roller

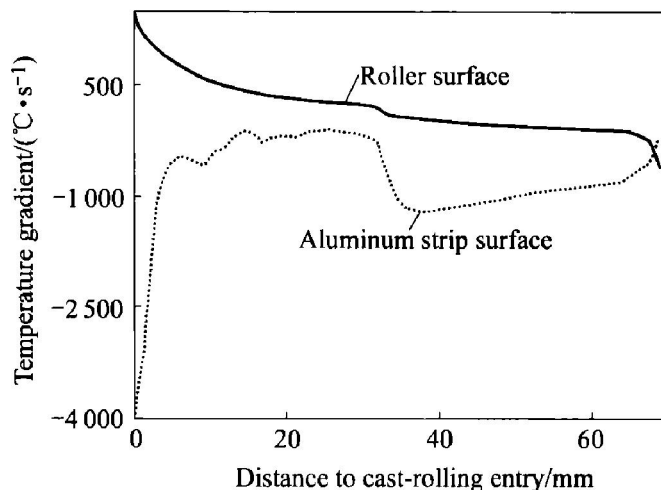


图 9 GCT 辊套快速成型条件下成型界面上的温变梯度

Fig. 9 Temperature gradient change of shaped interface under rapid cast-rolling condition with GCT roller

kW, 是采用 $37\text{Cr}3\text{NiMoV}$ 辊套条件下的 2.2 倍。

由图 9 可见: 在快速成型条件下, 成型区内 GCT 辊套表面温升段的平均温变梯度为 $417^{\circ}\text{C}/\text{s}$, 温降段的平均温变梯度为 $-8.5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 。与图 7 比较可见: 在成型速度得到进一步提高的前提下, 采用新型 GCT 辊套时在成型区内的温变梯度比 $37\text{Cr}3\text{NiMoV}$ 辊套的小, 在温升段的平均温变梯度降低 32%, 温降段降低 90%。显然, 温变梯度的减小对于降低对辊套材质的热冲击、延长辊套的使用寿命是有利的。

对铝带坯而言, 图 9 和图 6 所表现出的变化趋势是基本一致的, 由于成型速度的提高, 使得铝带坯的温度梯度进一步增大, 铝带坯表面的温变梯度的中间峰值为 $-1\ 180^{\circ}\text{C}/\text{s}$, 增大 45%; 其平均温变梯度为 $-645^{\circ}\text{C}/\text{s}$, 增大 29%。

4 结论

1) 在铸轧成型过程中, 成型界面的传热是系统传热的首要环节, 大温变梯度和强冷却速度是成型界面传热的显著特点。在分析铸轧过程传热特点的基础上, 建立了系统传热的基本方程和数学模型。

2) 随着铸轧速度的提高, 系统的传热能力显著增大, 这是由于成型界面上的温变差值和热流密度都随铸轧速度的提高而增大, 而辊套的整体温度和内表面温度都相应升高, 从而使得成型界面的传热能力和与冷却水接触的辊套内表面的热交换能力都明显增大。

3) 辊套表面在入口位置具有最大的正温变梯度, 随着成型过程的继续, 辊套表面的温变梯度显著下降并逐渐达到零点, 这时辊套表面温度上升到最高值, 此后温变梯度为负值, 意味着辊套的表面温度开始下降。铝带坯的温变梯度在进入铸轧区后持续减小, 在铸造区内维持一段较小的温变梯度值, 这是由于凝固潜热释放所导致的结果; 在铸造区结束的凝固终了位置, 铝带坯表面的温变梯度获得中间峰值, 此后, 其温变梯度不断减小, 在成型区出口位置, 其温变梯度越过零点而成为正值, 这是由于铝带坯的中心温度高于表面温度而导致表面温度的回升所致。

4) 成型界面上的温变梯度和铝带坯的凝固冷却速度是与铸轧速度直接相关的, 随着铸轧速度的提高, 辊套和铝带坯表面的温变梯度均显著增大, 这将加剧辊套表面的热冲击和形成热裂纹的趋势。通过采用新型的 GCT 辊套材料, 能够使辊套表面的温变梯度减小, 降低对辊套表面的热冲击, 延长辊套的使用寿命。对铝带坯而言, 温变梯度的增大和凝固冷却速度的提高对于细化晶粒和改善组织均是十分有利的。

REFERENCES

- [1] Cortes. The new demands of thin strips casting [J]. *Light Metals*, 1995. 1161 - 1164
- [2] 崔小朝, 王宥宏, 刘 才. 拟流函数法分析铝板铸轧过程的流动状态 [J]. *中国有色金属学报*, 2001, 11 (1): 10 - 14.
CUI Xiao-chao, WANG Your-hong, LIU Cai. Analysis of flowing state of aluminum plate in cast-rolling process with imitative flow function [J]. *The Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 2001, 11 (1): 10 - 14
- [3] 高 志. 材料[液-固]流变界面传热机理与高梯度温变成形界面的建立 [D]. 长沙: 中南大学, 2001.
GAO Zhi. The Heat Transfer Mechanism of Material [liquid-solid] Rheologic Shaped Interface and the Establishment of Shaped Interface Based on the High Grad of Change of Temperature [D]. Changsha: Central South University, 2001.
- [4] 史 荣, 崔小朝, 孙斌煜. 铝带坯连续铸轧凝固过程的数值模拟 [J]. *中国有色金属学报*, 1996, 6 (2): 98 - 102.
SHI Rong, CUI Xiao-chao, SUN Bir-yu. Numerical simulation for solidification of aluminium-strip in continuous casting and rolling process [J]. *The Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 1996, 6 (2): 98 - 102.
- [5] 高 志, 肖 刚, 钟 掘. 外冷在铝材铸轧过程中的作用机理 [J]. *中南工业大学学报*, 2001, 32 (2): 192 - 195.
GAO Zhi, XIAO Gang, ZHONG Jue. The mechanism research of external cooling in aluminum cast-rolling process [J]. *Journal of Central South University of Technology*, 2001, 32 (2): 192 - 195.
- [6] 李晓谦. 连续铸轧带坯在轧制区的温度场数学模型 [J]. *中国有色金属学报*, 1997, 7 (4): 168 - 170.
LI Xiao-qian. A mathematic model for temperature field of continuous roll casting sheet in rolling zone [J]. *The Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 1997, 7 (4): 168 - 170.
- [7] Daaland O, Espedal A B, Nedreberg M L, et al. Thin gauge twinroll cast-rolling process capabilities and product quality [J]. *Light Metals*, 1997. 745 - 752.
- [8] 刘高典. 温度场的数值模拟 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1990. 68 - 72.
LUI Gao-dian. The Numerical Simulation of Temperature Field [M]. Chongqing: Chongqing University Press, 1990. 68 - 72.
- [9] Karwe M V, Jaluria Y. Numerical simulation of thermal transport associate with a continuously moving flat sheet in materials processing [J]. *Transaction of the ASME*, 1991, 113: 612 - 619.
- [10] McWaid T, Marschall E. Thermal contact conductance of spherical rough metal [J]. *Transaction of the ASME*, 1997, 119: 684 - 690.
- [11] 郭 戈. 铸坯凝固过程计算机模拟 [J]. *中国有色金属学报*, 1999, 9 (2): 339 - 344.
GUO Ge. Simulation of slab solidification with computer [J]. *The Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 1999, 9 (2): 339 - 344.
- [12] Ertan S, Dundar M, Birol Y, et al. The effect of casting parameters on twin roll casting strip [J]. *Light Metal*, 2000. 667 - 672.

Simulation of heat transfer behavior of shaped interface in aluminum cast-rolling process

GAO Zhi¹, XIAO Gang²

- (1. College of Mechanical Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China;
2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: In cast-rolling process of aluminum, the heat released during solidification and cooling is transferred to rollers through shaped interface at first, and finally taken away by inner cooling water of rollers. The basic equation and mathematics model of heat transfer were established on the basis of analysis on heat transfer characteristic for aluminum cast rolling; and the heat transfer behaviors of shaped interface for three kinds of typical conditions were simulated. The results show that, the temperature gap and heat flow density decrease markedly with the process of cast-rolling proceeding, so the heat is transferred mainly on the front part of cast-rolling zone; with increasing cast-rolling speed, the highest temperature of roller surface decreases in the cast-rolling zone, resulting in that the temperature gap of shaped interface increases continuously and the heat flow density increases, thereby the heat transfer capacity on shaped interface is improved.

Key words: aluminum; cast-rolling; interface; heat transfer; simulation

(编辑 袁赛前)