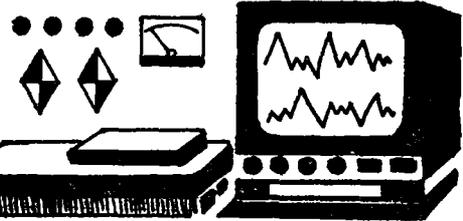


金属与材料的激光焊接



公元前三世纪，希腊的物理学家阿基米德在战争中曾试图用一个大抛物面镜将太阳光反射聚焦为小的光点来烧毁罗马舰队(图1)。但由于受时间和气象条件的制约，不大可能仰仗这种“武器”去赢得战争。在激光器出现以前，无论是太阳光还是其它人造光源都不可能成为工业加工过程中的热源。

大家知道，激光与普通光源相比，其发射的光能量在空间、时间和频率上都是高度集中的，其单色亮度(即在单位波长范围、单位面积、单位时间及单位立体角内发射的能量)可以成百亿倍地提高。亮度的单位是[熙提]或[瓦特/厘米²·立体角]，就波长为0.6943

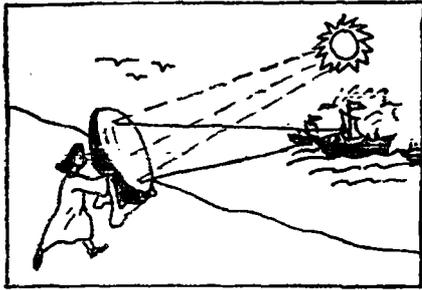


图 1

[微米]的红宝石激光器而言，1[瓦特/厘米²·立体角]=3.7[熙提]。表1给出了几种光源的亮度数据。可见，一台功率较高的红宝石激光器，就比高压脉冲氙灯的亮度提高了37亿倍，比太阳光提高二百亿倍以上！极高的亮度再加上激光束具有好的方向性，当用会聚透镜聚焦后可以形成很小的焦点。焦点处可达到几千几万[度]甚至几百万[度]以上的高温，几万个甚至几百万个以上的大气压和每[厘米]几十万甚至几千万[伏特]以上的强电场。原来，激光器输出的光能量尽管总量并不见得很大，但这些能量在空间和时间上相对集中起来就具有极大的威力！在这样的高温、高压力和强电场下，被照射的金属或其他材料将产生从相变、熔化、气化、严重气化直至喷射等

表 1 几种光源的亮度

光源名称	亮度[熙提]
蜡烛	~0.5
电灯	~470
超高压水银灯	~120,000
太阳	~165,000
高压脉冲氙灯	~1,000,000
红宝石巨脉冲激光器	~3.7×10 ¹²

离子体羽状烟柱以及伴有压力波传播等等多种效应。正是因为这些效应，使得激光器已真正成为人类的一种强有力的武器，从而形成了用激光对金属材料进行加工

和表面改性处理这样一个范围越来越广泛的领域。这个领域大体上包括：激光焊接，激光钻孔、切割和切除，激光相变硬化，激光合金化，激光非晶化以及激光冲击硬化等。

激光焊接的原理和特点

金属和固体材料的焊接，是将两块材料相互靠近的边缘加热熔化，冷却时就结合为一块连续的材料。以前材料熔焊的方法有热压焊、钎焊、电阻焊、氧乙炔焊、氩弧焊、等离子体焊和电子束焊等。其中，氧乙炔焊和氩弧焊可产生10³—10⁴瓦特/厘米²的功率密度。而利用中等功率的激光即可产生比它高几个数量级的功率密度。例如，一般的脉冲固体激光器脉宽为分之一到几毫秒，能量几焦耳到几十焦耳，聚焦后焦斑直径为几十至几百微米，则功率密度为10⁵—10⁸瓦特/厘米²。电子束虽然也可达到类似功率密度，但需要真空条件，因而影响了其实用性。

要进行激光焊接，必须提供足够的功率，使材料熔化而不能气化。首先既要估计在激光条件下材料的表面温度，又要掌握各种材料的熔点和沸点。

假设一束激光的热通量H[瓦特/厘米²]恒定而均匀，它加热一个半无限大物体的表面(见图2)。若加热时间为t，则在表面以下深度为x处的温度可以根据这种理想化情况去按照热传导方程求解，得到该处温度表达式为

$$T(x,t) = \frac{2H}{k} \left(\frac{Kt}{\pi} \right)^{1/2} \operatorname{erfc} \left[\frac{x}{(4Kt)^{1/2}} \right]$$

这里，k为材料热导率[瓦特/厘米·度]。K为热扩散率[米²/秒]， $\operatorname{erfc} \left[\frac{x}{(4Kt)^{1/2}} \right]$ 为互补误差函数。当

$x=0$ 时，即表面处温度为 $T(0,t) = 2H/k(Kt/\pi)^{1/2}$ 。

上述公式表明，对于给定的能量输入 $E = Ht$ ，当增加热通量H时，表面温度就增高；当缩短照射时间t，而保持同一E值时，则表面温度也增高。这说明使用

激光热通量H(瓦特/厘米²)

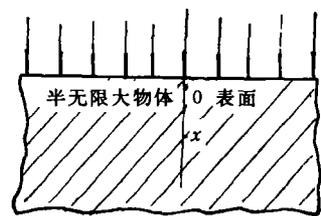


图 2

