

金属表面涂层对 CO₂ 激光的吸收率

孙同坤 李 伟 阴士健 李志忠

(中国科学院力学研究所) (铁道科学研究院金属化学研究所)

大功率 CO₂ 激光器被广泛地应用于金属材料加工, 但一般金属材料对波长 10.6 微米的 CO₂ 激光在常温下反射率很高, 使激光功率的利用率很低。所以在激光热处理时, 金属表面需要进行涂层处理, 以增加表面对激光的吸收率。

影响金属材料对激光的吸收机理目前尚不清楚。但是现象和经验表明, 材料的导电性起着很大的作用^[1]。

金属是很好的导体。各种金属内部都存在着大量的自由电子。由于集肤效应, 自由电子多集聚在表面很薄一层(约 10~100 毫微米)内。比起 CO₂ 激光波长小得多。这些自由电子阻挡激光进入材料内部, 而大部分被反射掉。激光波长愈长愈不容易进入材料内部。随着金属导电率增大, 反射率也增大。例如具有良好导电性的金属 Cu、Al 等, 反射率均在 95% 以上。

金属的表面光洁度也直接影响对激光的反射与吸收。表面光洁度愈高, 反射率也高。一些光洁度较高的钢铁工件表面对 CO₂ 激光的反射率可高达 90%。

此外, 金属在高温状态, 尤其是在熔融状态时对 CO₂ 激光束吸收率可以成倍增加。

所以我们可以人为地制造一些涂层, 使之提高对 CO₂ 激光的吸收率。涂层的种类很多, 一般认为磷化方法比较经济实用。其他如石墨、碳素墨汁、喷漆等也都有一定的效果。

实验结果

用一台三折叠封离式 CO₂ 激光器为光源。输出功率控制在 87 瓦, 光斑直径 11 毫米, 激

表 1 三种金属材料经不同涂层后的 CO₂ 激光吸收率

| 涂层类别 | 吸收率% | | | 备注 |
|----------------------|-------------|----------|-------------|----------|
| | 15Mn VN钢 | 合金 铸铁 | 42Cr Mn钢 | |
| 机加工面 ∇ ₇ | 11 | 15 | 9 | 磨床加工 |
| 高温磷化(I) | 96 | 96 | 95 | 98℃—100℃ |
| 中温磷化(I)* | 50 | 70 | 88 | 55—70℃ |
| 室温磷化(I) [△] | 65 | 72 | 78 | ~25℃ |
| 室温磷化(I) [△] | 60 | 56 | | 17℃ |
| 中温磷化(I) | | | 99 | 55—70℃ |
| 高温磷化(I) | 98 | 98 | 98 | 98~100℃ |
| 刚玉粉 | 91 | | | |
| 石墨 | 95 | 92 | 93 | |
| 乌光漆 | 91 | 89 | 94 | |
| 碳素墨汁 | 91 | 91 | 92 | |
| 普通墨汁 | | 82 | 82 | |

注: I号磷化液——磷酸锰铁溶液, I号磷化液——磷酸锌溶液, *数据比较分散, △数据稍分散。备注栏中的温度为磷化处理时的温度。

光束经一衰减器后照射在有涂层的试件上, 经 45° 反射后由能量计接收, 由数字电压表读数。取一镀金全反射片作为基准。假设其反射率为 100%(实际约为 98%)。其他涂层的反射率与此比较, 从而求出各种涂层的反射率。我们假设激光的功率在测试时间内保持不变(实际上两小时内波动 2%)。反射率 $r_r = P_r/P_0$; 吸收率 $A_r = 1 - r_r$ 。P₀ 为经镀金镜片反射后的功率,

P_r 为经涂层反射后的功率。

我们共选择三种材料做试件，并施加各种涂层，在相同的条件下用激光照射。测得的结果见表 1。

讨 论

由实验看出，同一材料的试件，不同的涂层对 CO_2 激光反射率差别很大。其中以高温磷化效果最好。与未施加涂层的机加工面相比，吸收率增加了 8~9 倍。用两种溶液高温磷化后的效果均比较满意，吸收率在 95% 以上。由磷化膜的性质知道，磷化膜具有较高的电绝缘性质，抗蚀能力强，耐高温，而且膜有松孔，呈绒状。这些均对吸收激光来说是有利的。磷化膜与金属结合得十分牢固，不影响金属的机械性能及磁性。磷化处理的工艺也比较成熟，很多生产单位都有现成的设备。

尽管磷化后的金属表面能很好地改善激光的吸收性能，但是不同的溶液及工艺生成的磷化膜对激光的吸收率有较大的差别。例如用同一种磷酸锌溶液磷化同一种材料(15MnVN 钢)的试件，高温磷化达 96%，而室温磷化仅 60%。因为在低温时，磷化液与金属的化学反应慢而不充分，影响磷化效果。两次不同的室温磷化后，其吸收率也有所不同，这与低温磷化时化学反应不充分，生成的磷化膜也不稳定有关，所以实验测得的数据也较分散。用磷酸锰铁溶

液的中温磷化处理时更为明显些。但高温磷化时，由于温度高，化学反应迅速而充分，不但吸收率高，而且三种材料之间的差别也不大。从实验结果来看，就激光热处理而言，磷酸锌溶液比磷酸锰铁溶液更好些，不仅吸收率稍大，而且也容易磷化。例如 42CrMn 钢的试件，用磷酸锌溶液中温磷化处理的也得到了满意的结果。

石墨、刚玉粉、乌光漆、碳素墨汁等涂料，虽然不如高温磷化，但吸收率也都在 90% 以上。只是低温磷化及普通墨汁效果差些。

我们还测试了没有涂层的机加工面，表面光洁度都是 ∇_7 。由于材料不同，其吸收率也不一样。合金铸铁要比钢的吸收率大一些。这与材料的导电性增加而反射率也增大是相符的。

本实验是在不破坏涂层的情况下测出各种涂层对 10.6 微米 CO_2 激光吸收率的。但实际激光热处理是一个错综复杂的过程。由于金属吸收了光能后表面温度升高，达到相变温度或熔点以上，涂层起了变化。所以在整个激光热处理过程中吸收率是变化的。本实验尚未对这个过程进行全面性的研究。

参 考 文 献

- [1] 比姆尔格：《激光在工业与技术中的应用》，科学出版社，1980 年。

简 讯

江苏省第二届激光医学学术交流会在泰州市举行

江苏省第二届激光医学学术交流会在 1982 年 10 月 21 日到 25 日在泰州市举行。出席会议的有本省代表 142 人，外省市来宾 34 人。会上宣读的论文共 80 多篇。泰州市人民政府和市委负责人、江苏省有关领导出席了会议。市委副书记顾宏林同志在大会开幕式上讲了话。

上海第二医学院刘德傅教授和马宝章副教授分别以“激光在妇产科的应用”、“激光在口腔科的应用”作了专题报告。会议期间，还分内科、外科、五官科、皮肤科和肿瘤、妇产科及激光技术五大组进行交流讨论。多数论文报告是有关激光治疗的临床观察及疗效分析，包括 7000 多例的临床资料总结，显示了江苏省激光技术临床应用日趋成熟和普遍。部分论文涉及动物实验及激光治疗机理的探讨，如激光对免疫力、染色体的影响以及抑菌镇痛作用。

在交流会上还举行激光医疗器件展销，有南京电子管厂、苏州第一光学仪器厂、北京朝阳激光器厂等单位参加。

(郑绍国)