



氧-丙烷切割技术的研究与推广应用

太原重型机械集团公司技术中心 (山西 030024) 陈清阳 李建武

Tea 415

本文从理论上探讨比较了丙烷和乙炔切割的特性,分析了火焰切割的特性,结合工艺试验,制定了合理的丙烷切割操作工艺规程,成功地在公司推广应用了高效节能的氧-丙烷切割技术。

丙烷是石油工业的副产品,作为燃料气体质优价廉,国外各先进工业国家已将丙烷气体广泛应用于火焰切割技术上,并取得了良好的切割效果和显著的经济效益。我国通过近 20 多年的探索研究,由于丙烷的安全性高、成本低、切割质量好,用丙烷代替乙炔已成为当代工业发展的趋势,势在必行。为此,国家计委将该技术的应用列为“八五”国家重点推广计划,虽然实际使用效果存在一些问题,但在一些机械行业如“齐齐哈尔第一机床厂、济南第二机床厂、大连起重机厂”等应用中仍取得了良好的效益。

我公司贷款建站拟在公司内推广应用丙烷切割技术。经过对操作工人的技术培训、辅导和在热加工分厂的广泛应用,实践证明,丙烷切割质量好、成本低、污染小。但由于对丙烷切割应用技术研究局限性,在我公司焊接生产中特别是数控切割下料上推广应用中出现了一些技术关键问题,表现在中厚板切割前预热打孔时间太长,影响了工人的劳动生产率,在焊接系统推广应用丙烷切割技术受阻,虽然反复多次试验,但没能很好地应用起来。

通过对一些使用加专用添加剂混合气体厂家和焊接协会等有关单位的技术咨询,并经过大量查阅技术资料和对火焰热量分布的研究试验,以及在实际生产中的试用证明,经过一些技术改进,可大大缩短预热打孔时间,提高切割速度。这个成功的经验为在焊接系统推广应用氧-丙烷切割技术铺平了道路。

一、氧-丙烷切割的基本原理

1. 物理性质

乙炔与丙烷的物理性质和燃料特性对比见表 1。从表 1 看出,丙烷的比重 > 乙炔的比重,低热值中重量低热值二者大致相当,但体积热值丙烷是乙炔的 1.62 倍。

表 1 乙炔与丙烷的物理性质和燃料特性

名 称	乙 炔	丙 烷
分子式	C_2H_2	C_3H_8
化 合 键	$H-C \equiv C-H$	$\begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & H & H \end{array}$
分 子 量	26.01	44.06
密度/ $kg \cdot m^{-3}$	1.091	1.867
低 热 值	52753.68J/m ³ 48566.88J/kg	85653.55J/m ³ 45937.56J/kg
在空气中的爆炸极限 (%)	2.2 ~ 81	2.3 ~ 9.5
在氧气中爆炸极限 (%)	2.8 ~ 93	2.10 ~ 9.5
在空气中的燃烧速度/ $m \cdot s^{-1}$	4.7	1.5
在氧气中的燃烧速度/ $m \cdot s^{-1}$	7.5	2
在空气中燃烧的理论值/℃	2825	2143
在氧气中燃烧的理论值/℃	3000 ~ 3500	2000 ~ 2850
着 火 点/℃	305	510 ~ 580

从化学键结构上看,乙炔是不饱和键,即 $C \equiv C$ 之间是三键,这种化合键极易打开而发生聚合,且这种反应是放热反应,放热又促使进一步聚合,产生连锁正反应,使温度急剧升高,发生爆炸。丙烷的化学键是单键,且是饱和键,极不容易打开,所以丙烷比乙炔安全得多。

从燃烧速度和爆炸极限看,乙炔的爆炸极限非常宽,燃烧速度相当快(即回火速度也相当快),着火点较低(工作中不用明火即可点燃),极易发生爆炸;而丙烷爆炸极限相当窄,燃烧速度非常慢(即不易回火),着火点较高(工作中用明火才可点燃),所以丙烷比乙炔安全的多。

2. 饱和蒸气压

乙炔与丙烷的饱和蒸气压对比见表 2。从表 2 看出,乙炔的饱和蒸气压相当高,故不能通过直接加压变成液体,而丙烷在 $-30^\circ C$ 时仍可输出 0.08MPa 的压力,所以无论在南方还是北方,无



论环境温度高低, 均可正常使用。

表 2 乙炔与丙烷的饱和蒸气压 (绝对大气压)

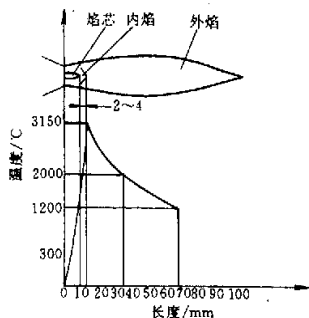
温度/℃	乙炔	丙烷	温度/℃	乙炔	丙烷
-40	—	1.06	10	—	6.29
-30	—	1.8	20	43.4	8.33
-20	—	2.36	30	—	10.08
-10	—	3.38	40	—	13.82
0	26.7	4.66	—	—	—

3. 火焰切割特性

(1) 基本原理 火焰切割是利用可燃性气体(乙炔、丙烷等)与氧气混合燃烧产生的热量预热钢材, 使预热处金属达到燃烧温度(燃点)并使其呈活化状态, 然后通过送进高纯度的高速切割氧流, 使金属在氧气中剧烈燃烧, 同时借助高速氧流的动能把燃烧生成的呈熔融状的氧化渣(氧化铁)吹掉, 以形成割缝, 从而达到切割钢材的目的。铁金属在高速氧流中燃烧属于放热反应, 它所产生的化学反应热占切割所需要的整个热量的 70% ~ 85%, 预热火焰所提供的热量仅占 15% ~ 30%。

(2) 火焰温度分布图 氧-乙炔火焰为中性焰时的火焰温度分布如附图所示。由图可知, 在离焰芯 2 ~ 4mm 时, 火焰温度最高为 3100 ~ 3150℃; 在离焰芯 10mm 时, 火焰温度为 2600℃左右; 在离焰芯 20mm 时为 2200℃左右。由于乙炔容易回火, 所以实际操作时, 割嘴离钢板表面一般距离较大。

由表 1 可知, 从温度上来看, 乙炔燃烧温度要比丙烷高, 所以切割前预热钢板的时间要比丙烷短; 但从燃烧热值来看, 丙烷在气态下要比乙炔高得多, 约为乙炔的 1.6 倍。这可以说明, 如果能正确使用丙烷切割技术, 切割钢板的预热打孔时间是可以大大缩短的。



中性焰火焰温度分布图

因此, 对丙烷切割来说, 虽然燃烧温度比乙炔低, 但都在 2000℃以上, 足以使钢材预热到燃点并维持整个切割打孔过程。切割开始后因主要热量来自于金属在氧气中燃烧的化学反应热, 预热火焰即降为次要, 加之丙烷气态燃烧值比乙炔大很多, 所以切割速度二者应基本没有差别。

二、氧-丙烷切割的试验

1. 试验条件

气体: 丙烷(纯度≥99.0%) + 氧气(纯度≥99.5%)。

切割设备: 梅塞尔数控切割机。

割嘴: 选择国内 4 家企业生产的三种割嘴, 分别编号为: a-4[#]、a-7[#]; b-4[#]、b-6[#]; c-7[#]; d-7[#]。

板材及厚度: Q345 钢板, δ=48mm、80mm。

2. 试验结果

钢板切割预热打孔试验结果见表 3。钢板切割速度试验结果见表 4。

表 3 钢板切割预热打孔试验结果

板厚/mm	割嘴编号	燃气压力 /MPa	氧气压力 /MPa	预热时间 /s
80	a-7 [#]	0.10	0.5	25, 24, 24
	b-6 [#]			26, 23, 24
	c-7 [#]			24, 23, 23
	d-7 [#]			25, 30, 29
80	c-7 [#]	0.08	0.5	24, 19, 19
	b-6 [#]			25, 21, 21
48	b-4 [#]	0.08	0.5	16, 18, 18
	a-4 [#]	0.08		20, 21, 20

表 4 钢板切割速度试验结果

燃气名称	板厚 /mm	试验压力/MPa		切割速度 /mm·min ⁻¹	备 注
		氧气	燃气		
乙炔	24	0.7	0.05	458	—
	40			254	
	80			164	
丙烷	24	0.7	0.05	503	上海气焊机厂快速割嘴
	40			373	
	80			230	
XX 气	20	0.5	0.03	400	XX 气体资料
	80	0.6	0.04	250	

(下转第 31 页)



对材质的焊接性能、使用性能及力学性能等要求较全及试验条件较苛刻等会造成评定不合格数量大量增加。因此,评定委托内容要准确,应根据工程材质的焊接性能、使用性能及力学性能合理确定试验项目。

三、工艺评定档案管理

焊接工艺档案管理主要有焊接工艺评定(PQR)资料、焊接工艺说明书(WPS)、有关试验报告及试样的存档管理等内容。在焊接工艺评定资料的存档管理中,除了评定资料编制、审批及存档外,还有计算机管理;在焊接工艺说明书管理中,除了资料编制、审批及存档以外,还有发放管理等。

1. 工艺评定报告(PQR)

焊接工艺评定报告资料除了详细全面记载评定所有试验条件及数据以外,其余就是对各种试验结果的评判。除此以外,焊接工艺评定报告资料还应具有书面简洁、记录数据精确、编制审批内容齐全、页数适当及纸张正规等特点,查阅时给读者一种庄重、严肃及舒畅的感觉。

2. 焊接工艺说明书(WPS)

焊接工艺说明书技术内容应满足焊接施工的工艺确定与指导要求,并体现着工艺评定的科学性、严肃性、直观性。焊接工艺说明书应具有书面简洁、工艺参数及技术数据精确、编制审批内容齐全及纸张正规等特点,查阅时也要给使用者一种庄重、严肃及舒畅的感觉。

3. 计算机管理

焊接工艺评定试验数据很适用于计算机管理,这不仅有利于焊接工艺计算机专家系统的深入开发,而且也满足了焊接工艺评定资料查询的快捷性和准确性的要求。

四、焊接工艺的实施

焊接工艺的实施也是工艺评定运行的一个重要组成部分。一般情况下,施工现场的焊接工艺应依据焊接工艺评定进行编制。因此,在焊接工艺评定完成后,应依据工艺评定报告(PQR)及时编制焊接工艺说明书(WPS),并发放到施工(或委托)单位,以便进行施工现场焊接工艺的确定及指导。

五、结语

焊接工艺评定试验控制与运行主要是为焊接工

程施工提供真实、可靠的焊接工艺,并对焊接施工工艺进行确定与指导。

通过试验控制与运行管理,有利于严格执行现行标准及规范,保证评定质量及控制评定进度与周期等;同时还有利于对评定数量及评定不合格数量的控制。

每一项工艺评定都体现着企业的焊接技术发展历程及工程施工的焊接实力,都是企业投入了一定的成本换来的,因此,工艺评定必须具有科学性、真实性及可靠性;评定要以满足工程焊接工艺覆盖要求为准;要有利于提高工艺评定的储备价值、实用价值及企业的经济效益。

(20021118)

(上接第28页)

3. 试验结果分析

通过对火焰燃烧机理的研究,我们发现在离焰芯2~4mm处火焰燃烧最完全,火焰温度也较高,所以在使用丙烷切割时,可以利用其不回火的优点,合理调整丙烷切割的技术规范,适当降低割炬与钢材表面的距离,可以有效地缩短打孔预热时间。

在丙烷切割试验中,我们将火焰调成中性焰后,适当收回焰芯,再调整焰芯至钢板面距离为2~4mm,然后进行预热打孔和切割,收到了良好的效果。

表3的试验结果说明,4个厂家生产的割嘴在不同气体压力配比下,对钢板切割预热打孔的时间基本相当。表4的试验结果说明,当使用上海气焊机厂生产的快速割嘴进行切割时,丙烷的切割效率比乙炔平均高10%~30%左右,基本同某气体公司(加添加剂)的效果一致。

三、实际应用效果

通过近两年的应用,氧-丙烷火焰切割关键技术完全由操作工人所掌握,每年为公司节约100多万元的资金。其优点突出表现在:

(1) 钢板切割面上缘无明显烧塌现象,不易挂渣,也易清理,使切割面的精度比氧-乙炔切割高,大大降低了切割面的修磨成本。

(2) 成本低。所有使用丙烷切割技术的厂家均可以节约30%~40%的气体采购成本。

(3) 安全性好,不易回火。

(4) 无污染,大大改善了工人的操作环境。

(20021018)