

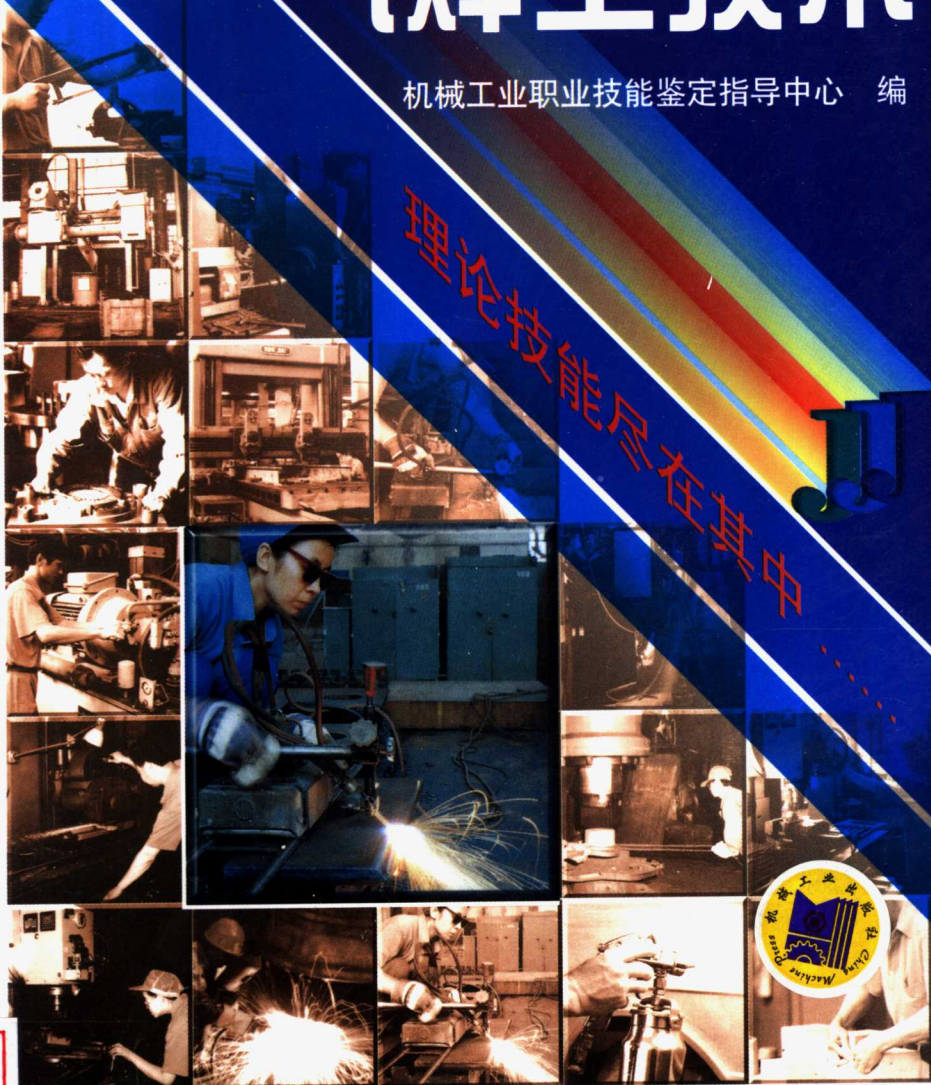
机械工人职业技能培训教材

高级

气焊工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编

理论技能尽在其中



机械工业出版社

机械工人职业技能培训教材

高级气焊工技术

机械工业职业技能鉴定指导中心 编



机械工业出版社

书中以操作技能训练为主,并概括地介绍了高级气焊工应掌握的理论知识。全书共十章,主要内容包括:气焊冶金过程基本理论,机械化、自动化切割与高能量密度切割,典型金属材料气焊与气割,焊接接头静载强度计算,焊接接头试验,复杂构件应力变形的控制与矫正,工艺规程编制与焊接质量管理,复杂产品焊接质量事故分析与处理,气焊、气割工作点平面布置与通风,氧乙炔火焰喷焊与喷涂。书中还编入了典型复杂件的气焊、气割操作实例。

本书可作为高级气焊工培训教材,也可供职高、技校师生和本专业技术人员参考。

本书是根据原劳动部、机械工业部颁发的《职业技能鉴定规范(考核大纲)气焊工》中高级工要求编写的。

图书在版编目(CIP)数据

高级气焊工技术/机械工业职业技能鉴定指导中心编. —北京:机械工业出版社,1999.6(2000.7重印)

机械工人职业技能培训教材

ISBN 7-111-04968-3

I. 高… II. 机… III. 气焊—技术培训—教材 IV. TG446

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 65292 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:俞逢英 版式设计:张世琴 责任校对:孙志筠

封面设计:姚毅 责任印制:闫焱

北京中加印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 9 月第 1 版第 4 次印刷

850mm×1168mm^{1/32} 10.75 印张·280 千字

13 001—16 000 册

定价:16.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

机械工人职业技能培训教材与题库

编审委员会名单

(按姓氏笔画排列)

主任委员	邵奇惠			
副主任委员	史丽雯	李成云	苏泽民	陈瑞藻
	谷政协	张文利	郝广发	(常务)
委	于新民	田力飞	田永康	关连英
员	刘亚琴	孙旭	李明全	李玲
	李超群	吴志清	张岚	张佩娟
	邵正元	杨国林	范申平	姜世勇
	赵惠敏	施斌	徐顺年	董无岸
技术顾问	杨溥泉			
本书主编	魏守东			
本书主审	堵耀庭			

前 言

这套教材及试题库是为了与原劳动部、机械工业部联合颁发的机械工业《职业技能鉴定规范》配套，为了提高广大机械工人的职业技能水平而编写的。

三百六十行，各行各业对从业人员都有自己特有的职业技能要求。从业人员必须熟练地掌握本行业、本岗位的职业技能，具备一定的包括职业技能在内的职业素质，才能胜任工作，把工作做好，为社会做出应有的贡献，实现自己的人生价值。

机械制造业是技术密集型的行业。这个行业对其职工职业素质的要求比较高。在科学技术迅速发展的今天，更是这样。机械行业职工队伍的一半以上是技术工人。他们是企业的主体，是振兴和发展我国机械工业极其重要的技术力量。技术工人队伍的素质如何，直接关系到行业、企业的生存和发展。在市场经济条件下，企业之间的竞争，归根结底是人才的竞争。优秀的技术工人是企业各类人才中重要的组成部分。企业必须有一支高素质的技术工人队伍，有一批技术过硬、技艺精湛的能工巧匠，才能保证产品质量，提高生产效率，降低物质消耗，使企业获得经济效益；才能支持企业不断推出新产品去占领市场，在激烈的市场竞争中立于不败之地。

机械行业历来高度重视技术工人的职业技能培训，重视工人培训教材等基础建设工作，并在几十年的实践中积累了丰富的经验。尤其是在“七五”和“八五”期间，先后组织编写出版了《机械工人技术理论培训教材》149种，《机械工人操作技能培训教材》85种，以及配套的习题集、试题库和各种辅助性教材共约700种，基本满足了机械行业工人职业培训的需要。上述各类教材以其行业针对性、实用性强，职业工种覆盖面广，层次齐备

和成龙配套等特点，受到全国机械行业工人培训、考核部门和广大机械工人的欢迎。

1994年以来，我国相继颁布了《劳动法》、《职业教育法》，逐步推行了职业技能鉴定和职业资格证书制度。我国的职业技能培训开始走上了法制化轨道。为适应新形势的要求，进一步提高机械行业技术工人队伍的素质，实现机械、汽车工业跨世纪的战略目标，我们在组织修改、修订《机械工人技术理论培训教材》，使其以新的面貌继续发挥在行业工人职业培训工作中的作用的同时，又组织编写了这套《机械工人职业技能培训教材》和《技能鉴定考核试题库》，共87种，以更好地满足行业和社会的需要。

《机械工人职业技能培训教材》是依据原机械工业部、劳动部联合颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》编写的，包括18个机械工业通用工种。各工种均按《职业技能鉴定规范》中初、中、高三级“知识要求”（主要是“专业知识”部分）和“技能要求”分三册编写，适合于不同等级工人职业培训、自学和参加鉴定考核使用；对多个工种有共同要求的“基本知识”如识图、制图知识等，另编写了公共教材，以利于单科培训和工人自学提高。试题库分别按工种和学科编写。

本套教材继续保持了行业针对性强和注重实用性的特点，采用了国家最新标准、法定计量单位和最新名词、术语；各工种教材则更加突出了理论和实践的结合，将“专业知识”和“操作技能”有机地融于一体，形成了本套教材的一个新的特色。

本套教材是由机械工业相对集中和发达的上海、天津、江苏、山东、四川、安徽、沈阳等地区机械行业管理部门和中国第一汽车集团公司等企业组织有关专家、工程技术人员、教师、技师和高级技师编写的。在此，谨向为编写本套教材付出艰辛劳动的全体人员表示衷心的感谢！教材中难免存在不足和错误，诚恳希望专家和广大读者批评指正。

目 录

前言

第一章 气焊冶金过程基本理论	1
第一节 气焊冶金知识	1
第二节 气焊热影响区的组织与性能	10
第三节 焊接接头性能的调控与改善	16
复习思考题	22
第二章 机械化、自动化切割与高能量密度切割	23
第一节 仿形切割样板设计	23
第二节 光电跟踪和数控自动切割机	26
第三节 高能量密度切割法	33
复习思考题	48
第三章 典型金属材料的气焊与气割	50
第一节 合金钢的气焊	50
第二节 铸铁的气焊	65
第三节 铜及其合金的气焊	80
第四节 铝及其合金的气焊	94
第五节 其它金属材料的气焊	107
第六节 典型零件的气割	129
复习思考题	139
第四章 焊接接头的静载强度计算	141
第一节 焊接接头的工作应力分布	141
第二节 焊接接头静载强度计算	152
复习思考题	170
第五章 焊接接头试验方法	171
第一节 焊接性试验	171
第二节 焊接接头力学性能试验	179
第三节 焊接接头无损检验	190

第四节 焊接接头理化试验	199
第五节 焊接容器的致密性检验	203
复习思考题	206
第六章 复杂构件应力变形的控制与矫正	208
第一节 焊接应力与变形	208
第二节 焊接应力的防止与消除	217
第三节 焊接变形的防止与矫正	220
第四节 火焰加工	232
复习思考题	236
第七章 工艺规程的编制与焊接质量管理	238
第一节 焊接工艺规程	238
第二节 气焊、气割工艺规程的编制	241
第三节 工时定额和焊材消耗定额的计算	249
第四节 焊接生产的质量管理	254
复习思考题	266
第八章 复杂产品焊接质量事故的分析与处理	267
第一节 复杂产品质量事故的原因与处理	267
第二节 焊接缺陷形成及其防止	269
第三节 焊接缺陷的危害性及其返修	278
复习思考题	281
第九章 气焊、气割工作点的平面布置与通风	282
第一节 气焊、气割工作点的平面布置	282
第二节 气焊、气割用气量的计算	291
第三节 局部排风措施	293
复习思考题	307
第十章 氧乙炔火焰喷焊与喷涂	308
第一节 氧乙炔火焰喷焊	308
第二节 氧乙炔火焰喷涂	319
复习思考题	330

第一章 气焊冶金过程基本理论

培训要求 了解气焊冶金过程中的特点，熟悉氧、氮、氢、碳元素对冶金反应的影响，掌握钢材焊接热影响区的组织和性能。

第一节 气焊冶金知识

一、气焊冶金过程及其特点

气焊冶金过程就是基体金属和焊丝金属受氧乙炔焰加热、熔化而混合起来，并与熔剂、基体金属表面杂质（氧化膜、油污等）、火焰气流以及周围空气起剧烈而复杂的化学反应和物理作用，最后形成焊缝金属的整个冶炼过程。

与金属冶炼炉内的冶金过程相比，气焊的冶金过程有三个主要特点：

- 1) 熔池的温度高。
- 2) 熔池的体积小。
- 3) 熔池存在的时间短。

此外，气焊冶金过程还有这样的特点：在气焊过程中不断地添加焊丝金属，熔池受到火焰气流冲击和焊丝摆动的影响，熔池与氧乙炔焰内焰的气流接触并发生化学反应，熔池的温度在气焊过程中迅速而又急剧地变化等。

二、气焊冶金过程中的物理化学反应

1. 物理作用 气焊冶金过程中发生的物理作用主要包括：

- 1) 熔池内气泡的生成与上浮。
- 2) 熔池内熔渣的生成与上浮。
- 3) 熔池金属的飞溅。
- 4) 某些合金元素的蒸发。

5) 焊缝的合金化 (渗合金)。

2. 化学反应 气焊冶金过程是极复杂的, 除了发生多种物理作用, 还交织着下列化学反应过程:

(1) 氧化 气焊时熔池内各种元素发生氧化, 在金属的晶粒间形成氧化铁薄膜, 使金属的力学性能降低, 特别是使金属具有热脆性, 容易生成裂纹。

(2) 脱氧 气焊过程中的脱氧就是通过脱氧剂、熔剂及火焰还原性气氛等与熔池内金属氧化物起反应, 使金属氧化物还原, 也就是脱氧与造渣的过程。

(3) 碳化 碳化就是气焊过程中熔池内渗入碳元素而形成碳化物的过程。碳化物的存在会改变金属的力学性能。

(4) 烧损 烧损是指基体金属与焊丝金属内某些合金元素在气焊过程中的燃烧氧化损耗。

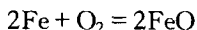
(5) 扩散 扩散是指熔池内基体金属与焊丝金属以及熔合线的焊缝金属与基体金属中各种化学元素的相互渗透和均匀化的过程。主要发生在熔池金属尚未凝固时, 在温度较高的固态焊缝中也可能存在着扩散。

三、某些元素对冶金反应的影响

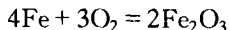
1. 氧的影响

(1) 氧化反应 焊接过程中不可避免地有氧气侵入焊接区, 而金属本身在加热到高温时又非常容易氧化, 因此, 气焊时一些金属及合金元素被氧化而生成氧化物。

1) 碳钢、合金钢焊接时的氧化反应 在熔滴和熔池表面, 铁被氧化生成氧化亚铁, 其反应式为



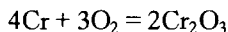
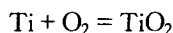
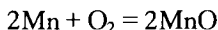
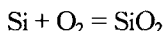
当钢中存在着过量的氧时, 便生成三氧化二铁, 其反应式为



这些铁的氧化物, 以不规则分布的点状凝聚物或在晶粒边界成不完整的褐色细网 (经腐蚀) 形式存在。

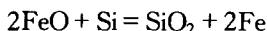
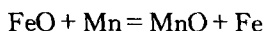
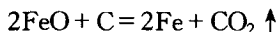
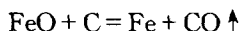
在碳钢和合金钢中不仅基体铁会被氧化, 其它合金元素如

C、Si、Mn、Ti 和 Cr 等也会被氧化，其反应式为



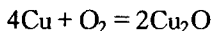
氧化反应的结果使熔池中一部分有益元素 Mn、Si、Ti、Cr、C 等被烧损，使材料的力学性能下降，碳烧损后所产生的 CO 气体将导致焊接时飞溅增加，同时，铁氧化后所生成的 FeO 能溶于熔池并使熔池中其它合金元素继续氧化。

在熔池中，FeO 与其它元素反应的反应式为



此时氧化后产生的气体，不仅使焊接时飞溅更加严重，而且当熔池金属的冷凝速度大于气体逸出的速度时还会产生气孔。这种氧化反应的现象对于含碳量较高的钢尤为严重。而氧化后产生的 MnO、SiO₂ 及其它氧化物均不溶于钢中，一般都浮到熔池表面或进入熔渣中，若来不及浮出时，在焊缝中即形成夹渣。

2) 有色金属焊接时的氧化反应 纯铜焊接时，当温度接近铜的熔点 1083℃ 时，铜极易被氧化生成 Cu₂O，其反应式为

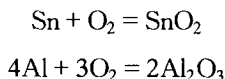


在熔池结晶过程中，反应生成的 Cu₂O 和 Cu 形成低熔点（1064℃）共晶物（Cu₂O·Cu）分布在铜的晶界上，使焊缝容易产生热裂纹，降低其接头性能。

黄铜焊接时，其所含的锌的蒸发点为 906℃，在焊接火焰温度下极易蒸发、氧化，严重时 would 改变黄铜的化学成分，使焊缝产生气孔并降低接头的力学性能和耐腐蚀性能。此外，蒸发的锌在

空气中立即被氧化成氧化锌，形成白色烟雾，不仅使操作困难，而且有害于焊工的身体健康。

焊接锡青铜和铝青铜时，合金元素 Sn 和 Al 很容易被氧化，其反应式为



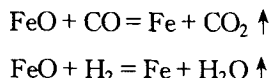
反应的生成物 SnO_2 硬而脆，以夹杂物的形式存在于焊缝中，能降低焊缝的力学性能和耐腐蚀性能。而生成的 Al_2O_3 是高熔点 (2050°C) 氧化物，阻碍焊缝和母材金属的熔合，同时使熔渣粘度增大，使气体来不及逸出而容易产生气孔。

焊接铝及其合金时，不仅铝表面原有的氧化膜阻碍焊接，而且在熔池表面还会生成新的氧化铝膜，妨碍焊接过程的正常进行。铝合金中的合金元素如 Mg、Zn 等在焊接高温作用下也能被蒸发、氧化，从而也会改变焊缝的化学成分和各种性能。

其它有色金属及其合金在气焊时，同样也很容易被氧化而使其合金成分发生变化，从而导致焊接接头力学性能及其它特殊性能降低。

(2) 脱氧 当焊缝金属中存在着氧化物时，焊接接头的性能会变差。因此，焊接时要设法清除掉焊缝中的氧化物。气焊时，可根据被焊材料的性能来选择脱氧方法。实现气焊脱氧的方法有还原气氛脱氧、脱氧剂脱氧和熔剂脱氧三种。

1) 通过还原气氛脱氧 在气焊低碳钢或低合金钢时，由于使用的火焰性质为中性焰或轻微碳化焰，其火焰中的内焰区为还原区，这个区内有大量的 CO 和 H_2 起着还原作用。这样不仅能够保护熔池表面不被氧化，而且还原性气体还能与焊缝金属中的 FeO 发生如下反应



所以，气焊低碳钢和低合金钢时，可以不用熔剂进行焊接而能获得

得满意的接头。应当指出，如果使用带有氧化性质的火焰焊接低碳钢和低合金钢，不仅会使焊缝金属中的元素氧化，而且还能使熔合区和靠近熔合区的热影响区金属的晶界氧化。

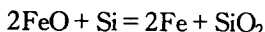
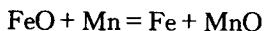
2) 通过焊丝中的脱氧剂脱氧 气焊时，通常选用含有脱氧剂的焊丝，通过焊丝中的合金元素（脱氧剂）进入熔池后进行脱氧。

按金属元素与氧亲和力的强弱，可将金属元素排成下列次序：

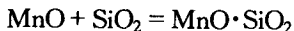
Al、Ti、Si、V、Mn、Cr、Fe、Mo、Ni、Cu

从前到后，金属元素与氧的亲合力逐渐减弱，脱氧能力逐渐变差。在焊接钢铁时，位于铁前面的各元素均可作为焊缝金属的脱氧剂；焊接铜及其合金时，位于铜前面的全部元素均可作为焊缝金属的脱氧剂。但是，其氧化物必须不溶于液体金属，且密度应小于液体金属，这样，脱氧后产生的氧化物才能上浮至熔池表面或进入熔渣中而被去除。

焊接碳钢和合金钢时，常选用含 Mn、Si 的焊丝进行联合脱氧，其反应如下

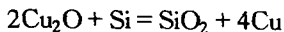
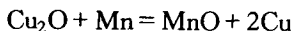


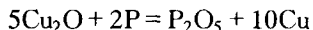
MnO 呈碱性，不溶于液态金属，但能与酸性氧化物 SiO_2 形成硅酸盐，其熔点、密度都较低，易浮于熔池表面而形成熔渣。 SiO_2 熔点高，粘度大，不利于脱渣。但是当 Si 与 Mn 联合脱氧时，其氧化物可发生下列反应而生成硅酸盐。反应式为



这样，生成的 $\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$ 浮出熔池，变成熔渣，既保证了良好的脱氧能力，又克服了单纯硅脱氧的缺点。

焊接纯铜时，常采用含脱氧元素 Mn、Si、P 的 HS201 和 HS202 焊丝，其反应式如下

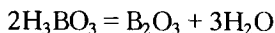
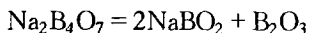




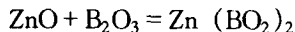
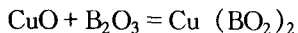
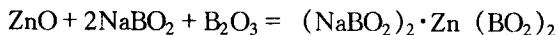
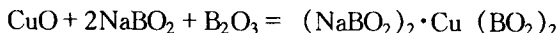
在气焊含氧量较高的沸腾钢时，常使用以 Mn 作脱氧剂的焊丝，以减少钢中 C、Mn、Si 等合金元素的烧损，提高焊接质量，同时，也可减少焊接时的飞溅。

在氧乙炔火焰喷涂金属时，常用含 Al、Si、B 等元素的合金粉末作为脱氧剂进行基体金属表面和熔池脱氧，所生成的氧化物上浮至熔池表面。

3) 通过熔剂脱氧 在焊接高合金钢、铸铁和有色金属及其合金时，都要加入熔剂，其主要目的是保护熔池和脱氧。例如，气焊铜及其合金时，常用硼砂 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 和硼酸 (H_3BO_3) 作为主要配方的熔剂 CJ301，其反应式为



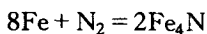
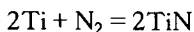
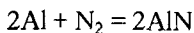
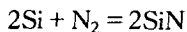
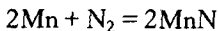
上述反应生成物去除氧化物的反应式为



由此可见，反应的生成物都是易溶的硼酸盐，它们在焊接过程中均可浮到熔池表面起到保护熔池的作用。

2. 氮的影响

(1) 氮化反应 气焊时，由于操作不当等原因，空气中的氮气往往可以进入焊缝金属熔池中。其中一部分氮在高温作用下，能和许多元素化合生成氮化物，其反应式为



上述氮化物中，除 TiN 不溶于熔池金属外，其它的氮化物均能溶于熔池金属中。这些氮化物在熔池结晶过程中一部分分布在固溶体内和晶界上，另一部分则以过饱和的形式存在于固溶体中，随着时间的延长，能在晶界处形成稳定的针状 Fe_4N 析出，使焊缝金属的塑性和韧性大大降低，这种现象称为时效脆化。而侵入焊接熔池的另一部分氮气，不与熔池金属反应，当熔池结晶速度大于其逸出速度时，便会在焊缝中形成氮气孔。但氮不溶于液态铝，所以在焊接铝时焊缝中不会出现氮气孔。

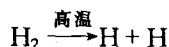
(2) 脱氮 对于一般钢材来说，不含有与氮亲和力强的元素，且不能形成不溶于熔池的稳定氮化物。所以，氮以过饱和的形式溶入液态金属之后，会发生时效脆化现象和在焊缝金属中形成氮气孔。因此，焊接前要选用含氮量很低的母材金属和焊丝，使用纯度较高的氧气和乙炔气，以控制氮的来源；焊接时要使火焰始终罩住熔池，以防止空气中的氮的侵入；焊接后要给熔池创造脱氮的缓冷条件，以便在熔池冷却凝固之前，使其中的氮有充分的时间逸出，这样便可实现焊缝金属的脱氮，从而保证焊接接头的力学性能。

3. 氢的影响

(1) 氢对焊缝金属的作用 气焊时，氢的主要来源是焊丝或焊件表面的铁锈、油污、熔剂中的水分及空气中的水分等。

与氧、氮不同，氢通常不与焊缝金属发生化学反应，但能溶解于 Fe、Ni、Cu、Cr、Mo 等金属中，它的存在能减少金属的氧化和氮化。但是，焊缝金属中过多的氢 (φ_{H_2} 超过 1×10^{-5}) 对接头焊接质量将产生严重的影响。

焊接区的水分在高温作用下将分解为氢气和氧气，而分解产生的氢气能继续激烈地分解为原子态的氢，其反应式为



分解的原子态氢能大量地溶解在熔滴和熔池中，但随着热源的离去，熔池冷却，金属结晶和相变开始，氢的溶解度急剧降低，对

于碳钢，在发生同素异构转变时氢的溶解还会有突变。由于熔池冷却速度较快，液态时熔池溶解的大量氢来不及逸出，残存在固态焊缝中，会引起焊接接头产生下列缺陷：

1) 在焊缝金属内部形成氢气孔 气焊低碳钢时，氢气孔大多分布在焊缝的表面，气孔四周光滑，断面呈铁钉状，从焊缝表面看，呈圆喇叭口形。个别情况下，在焊缝内部也会呈光滑的球状。气焊其它碳钢、合金钢时，在焊缝中出现的气孔主要也是氢气孔。气焊有色金属时，氢气孔常出现在焊缝内部。

2) 在熔合区和热影响区形成冷裂纹 焊接中碳钢、高碳钢、低合金和高合金等易淬火钢时，在焊接冷却过程中，近缝区受到淬火作用得到硬而脆的马氏体组织，而且溶解在焊缝金属中的氢会在焊缝熔合区和热影响区析集，在拉应力作用下形成冷裂纹。由于焊接易淬火钢时，焊缝金属的含碳量总是控制得低于母材金属，因此焊缝在较高的温度下就发生了相变，即奥氏体开始分解，而此时热影响区的金属含碳量较高，尚未开始奥氏体分解。当焊缝金属发生由奥氏体向铁素体转变时，氢的溶解度突然降低，同时氢在铁素体中的扩散速度较快，使焊缝中的氢穿过熔合区向尚未相变的热影响区扩散，而氢在奥氏体中的扩散速度较慢，还来不及扩散到距离熔合区更远的母材金属中去，结果就在熔合区附近形成了富氢带。当比焊缝金属相变晚一些的热影响区发生奥氏体向马氏体的转变时，氢便以饱和状态残存于马氏体中。如果热影响区中存在着微观缺陷，如显微裂纹和微气孔时，处于饱和状态的氢就会在此缺陷处发生聚集，由原子态氢结合为分子态氢，并产生很高的压力，从而引起焊接接头的塑性下降，使原有的微观缺陷不断地扩大，在拉应力作用下导致宏观裂纹。

这种由氢引起的冷裂纹，是通过氢的扩散、聚集产生应力后而形成的，故具有延迟的特性，称为延迟裂纹。通常把氢引起的延迟裂纹称为“氢致裂纹”。

对于易淬火钢焊接后是否形成冷裂纹，不仅仅受氢的影响，还与钢材的淬硬倾向以及焊接接头所受的应力状况有很大关系。

一般来讲，钢材的淬硬倾向越大，焊接后在近缝区得到的淬硬组织——马氏体的数量越多。这样就使其硬度增高且脆化严重，容易在一定的拉应力条件下产生冷裂纹。在焊接接头中的拉应力，除了因不均匀加热和冷却而产生的热应力以及由结构因素引起的拘束应力之外，还有金属相变时，由于体积变化而产生的组织应力。不易淬火的钢在焊后冷却时，奥氏体组织的分解温度较高（约为 500°C ），金属尚具有较好的塑性，不会产生很大的组织应力；而焊接的易淬火的钢在冷却时，奥氏体组织分解转变为马氏体组织时的温度较低（约为 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ ），此时钢的塑性已经很低，而屈服点却很高，因此造成了很大的组织应力，再加上氢的析集等，故容易在焊接接头的熔合区和热影响区发生开裂，严重地降低焊接接头的力学性能。

焊接有色金属时，氢的主要有害作用是形成气孔，而不会产生冷裂纹。

(2) 去氢 由于氢对焊接接头具有严重的有害作用，因此在整个气焊过程中都必须采取有效措施，以控制和减少焊接接头的含氢量。

1) 焊接前采取的措施

①把焊丝表面和待焊处约 20mm 范围内的铁锈、油污等脏物清除干净。

②熔剂要保持干燥，避免受潮。

③根据母材金属，选择合适的焊丝。

④焊前预热。

2) 焊接中采取的措施

①尽量选择中性焰进行焊接。

②采用合理的焊接参数，并在焊接过程中保持稳定。

③掌握正确的操作方法以防止空气侵入。

3) 焊接后采取的措施 焊后应立即进行消氢处理（焊件加热到 $200\sim 350^{\circ}\text{C}$ ，保温 2h 以上）。

与焊条电弧焊相比，气焊时焊缝金属的冷却速度要慢一些，