

造船技工試用教材

船舶气焊与气割

(下 册)

永 建 曾海庭 莫世通 編著



上海科学技术出版社

造船技工試用教材

船舶气焊与气割

(下 册)

水 澄 忻鼎乾 葛惠通 編著
張照坤 审閱

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书分上、下两册。下册主要介绍气割的理论基础,手工气割工艺,机械气割以及特种气割等。

本书系造船厂培训技工教材,也可供气焊气割工和船厂职工进修或参考。

下册第九、十一、十三章以及第十二章的第一、二、三节由水澄编写,第十二章第四、五节由忻鼎乾编写,第十章先由葛惠通编写,后经忻鼎乾修改整理。

船 舶 气 焊 与 气 割

(下 册)

水 澄 忻鼎乾 葛惠通 編著

張照坤 审閱

*

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

上海市书刊出版业营业许可证出 093号

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

上海市印刷四厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 4 字数 97,000

1962年9月第1版 1962年9月第1次印刷

印数 1-500

統一书号: 15119·1682

定 价: (九) 0.44 元

目 录

第九章 气割理論基础	1
第一节 概述	1
第二节 气割过程原理	1
第三节 金属的可割性	3
第四节 合金元素对鋼的可割性的影响	6
第五节 气体质量对气割工作的影响	8
第六节 气割对鋼的組織与性能的影响	12
第七节 气割的应用范围	14
复习思考題	16
第十章 手工气割工艺	17
第一节 船体接縫的气割型式	17
第二节 从割件边缘起割的方法	25
第三节 从割件内部起割的方法	27
第四节 型钢的气割	28
第五节 鋼板的多层气割	32
第六节 厚度較大鋼料的气割	35
第七节 船台上的气割工作	41
第八节 气割工作的故障和排除方法	44
第九节 气焊气割的应力与变形	47
复习思考題	49
第十一章 机械气割	51
第一节 概述	51
第二节 II型半自动气割机具	54
第三节 特殊用途的半自动气割机具	64
第四节 ACII-1型自动气割机床	68

第五节	ACIII-2 型自动气割机床	84
第六节	机械气割使用的样板	88
第七节	机械气割在船体下料中的应用	91
第八节	遙控光电描摹气割机床	95
	复习思考题	96
第十二章	特种气割	97
第一节	氧熔剂气割	97
第二节	水下气割	105
第三节	煤油气割	111
第四节	表面气割	114
第五节	氧矛气割	117
	复习思考题	119
第十三章	气焊气割的操作注意事项	120

第九章 气割理論基础

第一节 概 述

气割是氧气切割的简称。按照气割的特点,它可分为三种主要类型:切断气割、表面气割(气刨)和氧矛气割。切断气割用来切断金属;表面气割用来去除金属表面层或在金属表面割出圆槽;氧矛气割则用在金属穿孔。气割方法的分类如表 9-1 所示。

进行气割工作不需要对割件施以任何机械加工,也不需要功率很大的设备,一把轻便的手工割炬就可以气割截面 1 平方米以上的钢板。

气割的生产效率高,切割精度也较高,割件一般不需施放余量,气割过程的废料(熔渣)也少。与机械切割(剪床加工)比较,它适宜于切割厚件以及形状复杂的零件。

第二节 气割过程原理

氧气切割过程,是用氧炔焰对割件进行预热-燃烧-去渣而把割件分割开来的过程。气割开始时,先用预热火焰加热割缝,参阅图 9-1,使割缝上切割开始点的温度上升达到燃点,再放出高压的纯氧射流,射流喷射到切割开始点,使金属燃烧(猛烈氧化),燃烧所生成的熔渣立即被射流吹除,继续这样的过程,就在割件中形成了一道光洁的割缝,把金属分割开来。

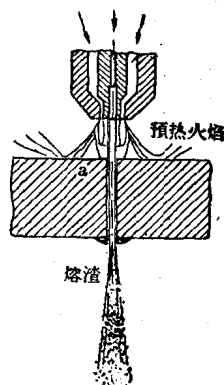
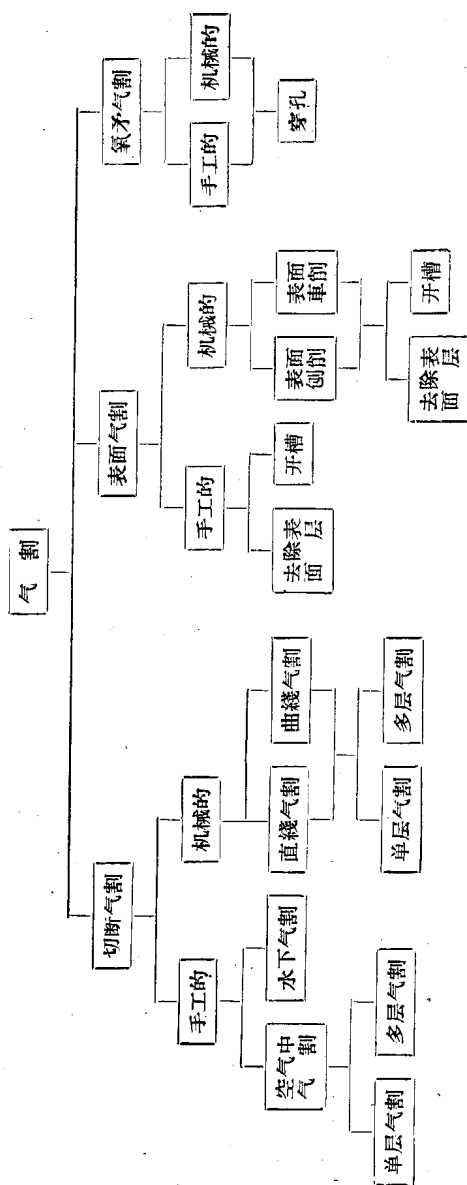
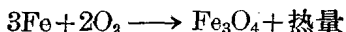
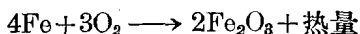
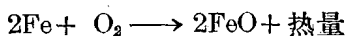


图 9-1 气割过程示意图

表 9-1 气割方法分类



气割时生成的熔渣是熔融状态的。它的化学成分随气割规范的不同而改变,一般說,它是氧化亚鉄(FeO)、三氧化二鉄(Fe_2O_3)、四氧化三鉄(Fe_3O_4),以及少量熔化了了的鉄所組成的复杂混合物。生成熔渣的化学反应式如下:



这些化学反应都是放热反应。在气割中,割件上层金属燃烧生成熔渣的同时,还放出大量的热量,这些热量随着熔渣下流而傳遞給割件下层金属,对下层金属起了預热作用(預热至燃点)。这一預热作用相当重要,它保証了气割工作能由割件(板料或坯料)表面扩大到整个厚度,保証气割工作能够連續不間断地进行。

在說明气割过程的实质时,必須強調指出一点,即气割过程是燃烧过程,而不是熔化过程。事实上,切割处的温度只达到割件金属的燃点,而未达到熔点(一般要求割件金属的燃点低于熔点),所以割縫是金属在純氧射流中燃烧生成熔渣,同时熔渣被射流吹除而形成的;并不是金属被火焰加热以至熔化下流形成的。正因为气割过程是燃烧过程,所以形成的割縫表面光洁,縫隙窄(比純氧射流直徑略大些),气割速度也高。如果气割过程是熔化过程,那末形成的割縫表面一定凹凸不平,縫隙也一定很寬,而且气割速度也无法提高。

第三节 金属的可割性

气割过程是預热-燃烧-去渣的过程,因此并不是所有金属都可以进行气割的;即使可以进行气割的金属,所表現的切割性能也各不相同。有些金属很容易气割,我們說这些金属的可割性良好;又有些金属虽然可以气割,但气割时操作較困难,或者必須采取相应的措施后才能气割,我們說这些金属的可割性較差或可割性很

差。那末，金属必须具备哪些条件才能具有良好的可割性呢？现分述如下。

(1) 金属的熔点应该高于燃点。

这一点是最基本最主要的，因为它保证了气割过程是燃烧过程。如果金属的熔点接近燃点，甚至低于燃点，那末气割过程就只能变成熔化过程，气割质量和气割速度也就谈不上。

低碳钢的熔点约为 1350°C ，熔点接近 1500°C ，它满足这个条件，就具有良好的可割性。

在黑色金属中，含碳量对燃点、熔点有很大影响，一般随着含碳量的增高，金属的熔点降低而燃点提高，可割性也就随着变坏。

(2) 氧化物的熔点应该低于基本金属的熔点，并且具有良好的流动性。

在气割过程中生成的金属氧化物和非金属氧化物(熔渣)必须是低熔点的，它应该低于切割处的温度，同时富有流动性，这样的氧化物才易于被纯氧射流吹除。如果氧化物的熔点很高，粘度很大，形成难熔的、粘滞的熔渣必将阻碍气割过程的正常进行。

铜、铝、高铬钢、镍铬钢等金属，因为氧化物的熔点高于金属本身的熔点，所以不能采用一般的气割方法；铸铁内含有大量的硅，气割时生成粘度很大的二氧化硅 (SiO_2)，使气割过程发生困难。表 9-2 为常用金属及其氧化物的熔点。

(3) 金属在氧流中的燃烧反应，应该是放热反应。

在气割过程中，这一点也很重要，因为上层金属燃烧所产生的热量对下层金属起着预热作用，如果金属的燃烧反应是吸热反应，则下层金属就得不到预热，气割过程也必将时常中断。

气割低碳钢时，铁和它的杂质燃烧所生的热量约占气割总热量的 70%，而由预热焰所生的热量仅占 30% 左右。由此可见，燃烧时所产生的热量是相当可观的。

表 9-2 常用金属及其氧化物的熔点

名 称	熔 点 (°C)	
	金 属	氧 化 物
純 鐵	1528	1300~1500
灰 口 鑄 鐵	1200	1300~1500
低 碳 鋼	1500	1300~1500
高 碳 鋼	1300~1400	1300~1500
銅	1084	1230~1336
鋁	658	2050
鋅	419	1800
錳	1250	1560~1785
鉻	1550	1990
鎳	1450	1990

(4) 金属的导热率不得过高。

在气割过程中，这一点也是必須满足的。如果割件金属的导热性太好，則在切割处的热量（金属燃烧的热量和預热焰的热量）必将被金属本身傳导散失，使切割处的温度急剧下降而低于金属燃点，造成气割中断。

铜、铝以及它們的合金，就是因为导热性太好，使气割工作不能正常进行。

(5) 金属中使气割过程恶化的杂质（如碳、硅、鉻等）以及提高淬火性的杂质（如鉬、鎢等）必須尽量减少。这样，才能保証气割过程正常进行；同时，气割后在割縫表面也不致产生裂縫。

金属的可割性主要决定于上述五个条件。低碳鋼满足所有这些条件，因此具有良好的可割性。鋼的含碳量增高时，可割性随着变坏。当含碳量超过 0.7% 时，必須將鋼預热至 400~700°C 才能进行气割，当含碳量大于 1~1.2% 时，鋼就不能进行气割。

鑄鐵在純氧中的燃点高于熔点，而且生成的氧化物二氧化硅 (SiO_2) 熔点高、粘度大，所以可割性很差，不能用一般的方法进行气割。

銅、鋁以及它們的合金，由于氧化物的熔點高、金屬本身的導熱性好，所以可割性也很差，也不能用一般的方法進行氣割。

第四節 合金元素對鋼的可割性的影響

鋼的可割性決定于它的化學成分，也就是決定于鋼中合金元素的成分以及數量。在鋼中，碳、錳、硅、硫、磷的影響主要是對碳鋼講的，而鉻、鎳、銅、鋁、鎢、鉬、鈮等則是對合金鋼講的。

(1) 碳(C) 碳是鋼的主要合金元素，它對鋼的可割性的影響很大，具體表現在下列三方面：

1) 當鋼的含碳量增高時，鋼的熔點降低而燃點升高。

2) 當鋼的含碳量增高時，氣割過程中產生大量的一氧化碳(CO)和二氧化碳(CO₂)氣體，使氣割用氧的純度降低，氣割速度也就隨着降低。

3) 在鋼的氣割過程中，碳會向割縫處擴散，以致割縫鄰近的含碳量降低而割縫表面的含碳量增高。鋼的含碳量越高，這種擴散現象越顯著，割縫表面的硬度和脆性也隨着提高。在氣割條件不良的情況下(如周圍溫度很低，割件形狀複雜不能自由收縮等)，這種淬硬現象往往導致裂縫的產生。

經驗證明，含碳量低於0.4%時，不會破壞鋼的可割性；含碳量高於0.5%時，鋼的可割性顯著變壞；而當含碳量高於1.0~1.2%時，鋼就不能進行氣割。

事實上，含碳量為0.5%的鋼便有產生裂縫的傾向，施割前應預熱至250°C以上。含碳量更高的鋼除氣割前預熱以外，在氣割後還得進行620°C的熱處理，以改善割縫的金相組織。

(2) 錳(Mn) 鋼的含錳量低於4%時，對可割性的影響不大；如果含錳量繼續增高，則可割性也就隨着變壞；當含錳量達到14%時，鋼就不可能氣割了。

當含錳量高於0.8%和含碳量高於0.3%時，鋼的淬硬傾向

增大,因此,气割后須經热处理,加热温度約为 925°C 。

此外,含錳量 13% 和含碳量 1.3% 的錳鋼,尚具有良好的可割性。

(3) 硅(Si) 鋼的含硅量低于 2.5% 时,对可割性的影响不大。对于含硅量 4% 的低碳变压器鋼板,气割质量也还是相当滿意的。当鋼中的含硅量繼續提高时,由于气割中形成难熔的二氧化硅(SiO_2),熔渣的粘度增大,使气割过程发生困难。

(4) 硫(S) 碳鋼中硫的含量不多,对气割过程并无影响。

含硫 3.5% 的合金鋼尚可进行良好的气割。

(5) 磷(P) 碳鋼中磷的含量不多,对气割过程并无影响。

含磷 2% 的磷鋼尚可进行良好的气割。

(6) 鉻(Cr) 含鉻量至 1.5% 的鉻鋼可以进行良好的气割,但是这些鉻鋼在空气中自然冷却时,会产生淬硬現象,所以事后必須进行热处理。含鉻量为 4~7% 的鉻鋼在預热至 480°C 之后也能进行气割。

含鉻量高于 10% 的鉻鋼,由于气割时生成大量难熔的氧化鉻(Cr_2O_3),所以不能用一般的气割方法进行气割。

不含碳的純鉻,只有在預热至白热状态时方可气割。

(7) 鎳(Ni) 含鎳量低于 7% 的鎳鋼,可以很好的进行气割。在鎳鋼中,当鎳的含量低于 34% 而碳的含量低于 0.4~0.5% 时,也能进行相当良好的气割,但如碳的含量高于 0.5% 以上时,須將鎳鋼預热至 $260^{\circ}\sim 315^{\circ}\text{C}$ 。

鎳鋼气割后,在割縫上产生淬硬現象,所以气割后須进行热处理,加热温度为 $790^{\circ}\sim 820^{\circ}\text{C}$ 。純鎳不能进行气割。

(8) 銅(Cu) 含銅量低于 0.7% 的鋼材,都可很好的进行气割。

銅本身不能进行气割。

(9) 鋁(Al) 合金鋼的含鋁量低于 0.5% 时,对可割性沒有

影响;含鋁量增高时,气割中生成难熔的氧化铝(Al_2O_3),使气割过程发生困难,当含鋁量超过 10% 时,就不能进行气割工作。鍍鋁鋼材的可割性根据鍍鋁层的厚度而定。

純鋁不能进行气割。

(10) 鎢(W) 合金鋼中含有少量的鎢时对气割沒有影响。一般含鎢量低于 10% 的合金鋼,仍具有相当好的可割性,对于含鎢量低于 17% 的合金鋼,可采用預热和提高氧气压力的方法进行气割。含鎢量超过 20% 的合金鋼不能进行气割。此外,鎢能显著的促使鋼材产生淬硬現象,因此,气割后割縫的硬度将大大提高。

(11) 鉬(Mo) 合金鋼中的含鉬量低于 0.25% 时对气割沒有影响,但促使鋼材产生淬硬現象;随着含鉬量的增高,气割过程逐渐困难,当含鉬量高于 5% 时,鋼材就不能进行气割,此时,即使預热也不見效。

(12) 釩(V) 在鋼中,釩的含量不大,对气割过程沒有影响。

第五节 气体质量对气割工作的影响

气割火焰由两部分組成,它的外圈是預热火焰,呈环状,它的中心則是純氧射流。对于預热火焰,要求它具有較高的热能率,以保証气割过程連續进行,并无其他特殊的要求。对于純氧射流,要求相当高,氧流的純度、湿度、温度以及压力都会直接影响到气割速度、气割质量和气体的消耗量。

(一) 氧气純度的影响

一般工业上应用的氧气,其純度在 97.5~99.5% 的范围内。这就是說,氧气中还有其他混合气体(如氮等)存在;这些混合气体在气割过程中会吸收热量,阻碍割件金属的燃燒,对气割工作产生燃燒过程变慢,气割時間以及气体消耗量增加等不良影响。图 9-2 所示为氧气純度对气割時間的影响,它是分别应用在压力为 1 公斤/厘米²、2 公斤/厘米²、3 公斤/厘米²、4 公斤/厘米² 的氧气,

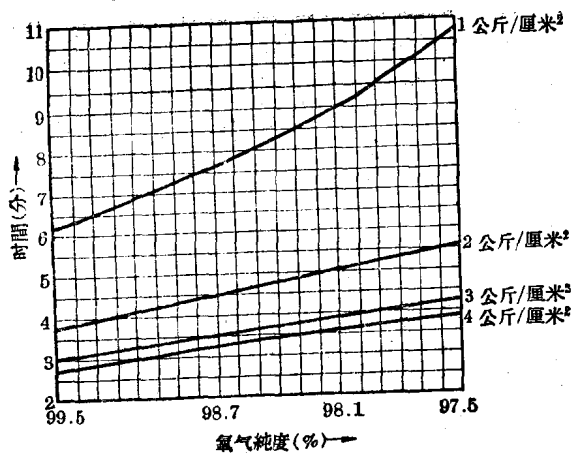


图 9-2 氧气纯度对气割时间的影响

在不同纯度时，气割同一种等厚度钢板得到的实测关系。由图可知：氧气纯度越低，气割时间越长。图 9-3 所示为氧气纯度对氧气消耗量的影响，它是分别应用在压力为 2 公斤/厘米²、3 公斤/厘米²、4 公斤/厘米² 的氧气，在不同纯度时，气割同一种等厚度钢板得到的实测关系。由图可知：氧气纯度越低，氧气消耗量越大。

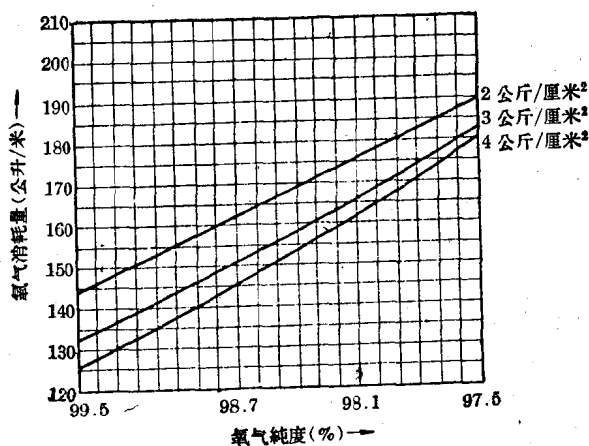


图 9-3 氧气纯度对氧气消耗量的影响

所以說，降低氧气純度，必将延长气割時間和增加氧气消耗量。通常，在氧气純度为 97.5~99.5% 的範圍內，每降低氧气純度 1%，气割時間就延长 10~15%，而氧气消耗量增加 25~35%，如图 9-4 所示。

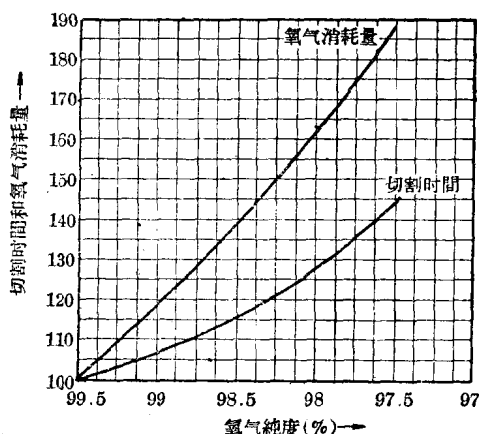


图 9-4 氧气純度对气割時間和氧气消耗量的影响

氧气純度对气割质量也有影响，这种影响在气割小厚度的鋼材(6~20 毫米)时并不显著；在气割大厚度的鋼材时，往往因为氧气純度較低，而使割縫間隙增大，割縫表面不光洁甚至产生局部熔化現象。

(二) 氧气湿度的影响

儲存在氧气瓶中的壓縮氧气总包含着少量的水蒸汽。通常，因为瓶內氧气的压力相当高，瓶的温度又低(氧气瓶的温度不允许高于室温)，所以瓶內的水蒸汽都冷凝成水珠聚集在瓶底上。当氧气将用完时，瓶內常含有 150~750 厘米³ 的水分。

当氧气瓶直立放置，而且瓶內的氧气压力相当高时，瓶內的水分不会蒸发成水蒸汽混杂到氧气中去，因此，瓶內的水分对氧气湿度的影响不大。但是，当瓶內氧气压力降低或瓶的温度提高时，瓶

內的一部分水分即自行蒸发,并且混杂到氧气中去,这样氧气的湿度就显著提高了。例如:瓶內压力降低到 20 公斤/厘米²时,氧气內水蒸汽的含量低于 1 毫克/升;瓶內压力降低到 20~5 公斤/厘米²时,氧气內水蒸汽的含量可达 5 毫克/升。

混杂在氧气中的水蒸汽,如同氮气一样,会吸收气割时的热量(水蒸汽吸收的热量比氮气高出 25%),对割件金属表面产生冷却作用,因而迫使气割速度降低。这种不良影响,在瓶內氧气压力高于 20 公斤/厘米²时还不易发觉,而当氧气压力低于 20 公斤/厘米²时就逐渐显著的表现出来。例如用純度为 99.5%、消耗量为 1300~3000 公斤/小时的氧气来气割 20 厘米厚的鋼板时,由于氧气湿度的影响,会使气割速度降低 3.5~4.5%。

(三)氧气温度的影响

氧气温度对气割工作也有一定的影响,适当提高氧气温度不但可以提高气割速度,縮短气割時間,而且可以降低氧气消耗量。

正因为这种緣故,所以一般的割嘴都是預热火焰噴孔呈环状,而切割氧噴孔位于环状噴孔的中心,这样在气割时,切割氧从噴孔噴射到割件表面的路途中,就得到了預热火焰的充分預热,有利于提高气割速度。如果有特殊的装置专门預热切割氧,則其效果更为显著。

(四)氧气压力的影响

在气割时,氧气压力是根据鋼板厚度、割嘴号碼、氧气純度等因素决定的。

如果氧气压力过低,会使气割过程緩慢,割縫背面形成熔渣粘結物,甚至不能沿割件全部厚度割穿。如果氧气压力过高,会使割縫表面凹凸不平,割縫上口生成凹陷現象;同时由于压力过高,反而对割件产生强烈的冷却作用,致使氧气消耗量增大,而气割速度反而降低。

第六节 气割对鋼的組織与性能的影响

在气割过程中,由于高热(預热火焰的热量和割縫金属在純氧中燃燒的热量)的作用,会使割縫表面与气割热影响区的化学成分、金相組織以及机械性能发生变化。这些变化虽然不很显著,但它是确实存在的,这一点可由实验証明。

現在,我們就气割过程对鋼的化学成分、金相組織以及机械性能的影响叙述于下。

(一)气割后鋼的化学成分的变化

气割低碳鋼和中碳鋼时,割縫表面会产生脫碳层,它是由于純氧射流与割縫表面的碳,发生急剧燃燒而形成的。脫碳层的厚度很小,一般只有十分之几毫米。

与脫碳层邻近的金属层内含碳量最大,这是因为热影响区内其他部分的碳素,向这里扩散的緣故,所以,此处的含碳量比基本金属的含碳量高。在这一层以后的若干金属层內(在热影响区范围内),因为碳素向割縫处扩散,所以含碳量下降,比基本金属的含碳量低些。在这些金属层以外,含碳量就不发生变化,即保持鋼中原有的含碳量。上述这些含碳量变化的金属层,它的厚度,决定于鋼材的厚度和所采用的气割规范,显然,在鋼材厚度大、气割规范强以及气割速度小的情况下,因为热量大,含碳量变化的金属层厚度就相应的大一些。

在气割合金鋼时,各合金元素(如鎳、鉻等)也会向割縫处扩散,以至在气割后,与割縫表面邻近的金属层內,合金元素含量会增高,而稍远的金属层內(在热影响区范围内)的合金元素,含量会降低。和碳的情况不同的是各合金元素与氧的亲合力較弱,所以不会象碳那样由于燒損而形成脫碳层。

(二)气割后鋼的金相組織的变化

在气割时,热影响区的金属受到高热作用,温度急剧上升;气